**LOCAL, TAXA E EXTENSÃO DA DIGESTÃO DE NUTRIENTES EM RAÇÕES
PARA VACAS LEITEIRAS COM BASE EM CAPIM ELEFANTE (*Pennisetum
purpureum*, Schum cv cameron) SUPLEMENTADAS COM FONTES E
NÍVEIS DE ENERGIA E PROTEÍNA.**

LAÍSSE GARCIA DE LIMA

Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. **LUIZ GUSTAVO NUSSIO**

Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz",
Universidade de São Paulo, para obtenção
do título de Mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Ciência Animal e Pastagens.

PIRACICABA

Estado de São Paulo – Brasil

Julho 2000

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Lima, Laisse Garcia de

Local, taxa e extensão da digestão de nutrientes em rações para vacas leiteiras com base em capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum cv cameron) suplementadas com fontes e níveis de energia e proteína / Laisse Garcia de Lima. - - Piracicaba, 2000. 99 p.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000. Bibliografia.

1. Capim elefante 2. Dieta animal 3. Digestibilidade 4. Fermentação ruminal 5. Ração 6. Vaca leiteira I. Título

CDD 636.2085

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

Aos meus pais,

Antonio Carlos e Janete, por todo amor, carinho e incentivo em todos os momentos,

Aos meus irmãos Cíntia, Luciana e Rafael, pela eterna amizade e carinho,

Aos meus queridos sobrinhos Laura e Vitor pelos inesquecíveis momentos de alegria,

DEDICO

Ao José Renato, por todo amor e carinho que me incentivaram em mais um desafio,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela minha formação profissional e pelos valiosos ensinamentos de vida.

À FAPESP, pela concessão de bolsa de estudos e suporte financeiro para desenvolvimento do projeto.

Ao Prof. Dr. Luiz Gustavo Nussio pela orientação, amizade, e exemplo profissional.

Ao Prof. Dr. Flávio Augusto Portela Santos pela orientação inicial.

Aos professores Alexandre Vaz Pires, Ivanete Susin, Wilson Roberto Soares Mattos pela amizade e ensinamentos durante todo o convívio na ESALQ, e José Manuel Correia de Simas pela amizade e auxílio na análise dos resultados.

Aos demais professores do Departamento de Produção Animal, pelos valiosos ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Alexandre Vaz Pires e Juliano José de Resende Fernandes pelo importante trabalho de cirurgia de implantação de cânulas nos animais.

Aos amigos Juliano José de Resende Fernandes e Reinaldo Cunha de Oliveira Junior pela amizade, carinho, atenção e auxílio na condução deste trabalho.

Aos estagiários Fábio (xikinho) e Marcos (Boióla) pela valiosa ajuda na condução do experimento.

Aos funcionários do Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal, César e Karen, pelos ensinamentos e colaboração nas análises laboratoriais.

Aos estagiários e funcionários do CPZ pela amizade e contribuição na realização deste trabalho.

Aos demais funcionários e colegas do curso de pós-graduação, pela amizade, e por todos aqueles que colaboraram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

À Juliana e Viviane pela eterna amizade e companheirismo durante toda a passagem pela ESALQ.

Em especial à Vidal, Glória, Aninha e Celso pelo carinho e apoio em todos os momentos importantes de minha vida e por se tornarem minha segunda família.

SUMÁRIO

Página

AGRADECIMENTOS	i
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
RESUMO	xiii
SUMMARY	xv
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1 Potencial do uso do capim elefante na alimentação de ruminantes	04
2.2 Local e taxa de degradação de carboidratos estruturais	06
2.3 Interação entre carboidratos não estruturais e carboidratos estruturais..	10
2.4 Formas de processamento e local de digestão de amido	13
2.5 Metabolismo e absorção de AGV	16
2.6 Fontes, local e extensão da digestão de proteína	18
2.7 Marcadores para determinação de digestibilidade	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Animais e instalações experimentais	26
3.2 Tratamentos	26
3.3 Período Experimental	30
3.3.1 Coleta de dados referentes ao consumo de matéria seca e matéria orgânica.....	30
3.3.2 Avaliação da produção e composição do leite	31
3.3.3 Uso de marcador para cálculo de digestibilidade aparente dos nutrientes	31
3.3.4 Coleta de conteúdo duodenal para determinação da digestibilidade aparente no rúmen	32

3.3.5 Coleta de fezes para determinação da digestibilidade aparente no trato digestivo total	33
3.3.6 Coleta de conteúdo ruminal para determinação do pH, ácidos graxos voláteis e nitrogênio amoniacal	34
3.4 Degradabilidade “in situ”	35
3.5 Análise estatística	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1 Composição química e bromatológica dos estratos do capim elefante..	40
4.2 Tamanho de partículas do milho moído.....	42
4.3 Milho moído e milho floculado	43
4.4 Taxa de hidrólise enzimática do amido	43
4.5 Consumo, produção e composição do leite	44
4.6 Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes	50
4.6.1 Matéria seca e matéria orgânica	50
4.6.2 Fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido	52
4.6.3 Proteína bruta	55
4.6.4 Amido	57
4.7 Parâmetros ruminais	59
4.7.1 pH ruminal	63
4.7.2 Amônia ruminal	64
4.7.3 Ácidos graxos voláteis	67
4.7.4 Ácido acético	68
4.7.5 Ácido propiônico	69
4.7.6 Ácido butírico	70
4.7.7 Relação ácido acético:ácido propiônico	71
4.8 Degradabilidade “in situ”	72
4.8.1 Degradabilidade da matéria seca	73

	Página
4.8.2 Degradabilidade da fibra em detergente neutro	76
4.8.3 Degradabilidade da fibra em detergente ácido.....	78
5 CONCLUSÕES	80
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Composição químico-bromatológica das dietas com base na matéria.....	27
2 Tamanho médio de partículas do capim elefante nos períodos.....	29
3 Esquema da análise da variância para o ensaio de consumo e digestibilidade	38
4 Esquema da análise da variância para pH, AGV'S e N-NH ₃	39
5 Composição química e bromatológica dos estratos de capim elefante.....	40
6 Caracterização do capim elefante fornecido aos animais durante o período experimental	41
7 Tamanho médio de partículas do milho moído	42
8 Efeito das dietas experimentais sobre o consumo de matéria seca, produção e composição do leite	45
9 Efeito das dietas experimentais sobre o consumo e digestibilidade aparente da matéria seca e matéria orgânica.....	51
10 Efeito das dietas experimentais sobre o consumo e digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro	54

11	Efeito das dietas experimentais sobre o consumo e digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido	55
12	Efeito das dietas experimentais sobre o consumo e digestibilidade aparente da proteína bruta	57
13	Efeito das dietas experimentais sobre o consumo e digestibilidade aparente do amido.....	59
14	Efeito das dietas experimentais sobre as médias dos parâmetros ruminais	59
15	Parâmetros de degradabilidade “in situ” da matéria seca dos volumosos incubados nas diferentes dietas.....	74
16	Parâmetros de degradabilidade “in situ” da matéria seca dos grãos de milho moído e floculado incubados nas diferentes dietas.....	76
17	Parâmetros de degradabilidade “in situ” da fibra em detergente neutro dos volumosos incubados nas diferentes dietas.....	78
18	Parâmetros de degradabilidade “in situ” da fibra em detergente ácido dos volumosos incubados nas diferentes dietas	79

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Taxa de hidrólise em incubação com amiloglucosidase da fração amido em grãos de milho moído (MM) com tamanho de partículas médio de 1,18 mm e grãos floculados (MF 360 g.L ⁻¹)	44
2 Efeito das dietas experimentais sobre a evolução diária do pH ruminal.....	64
3 Efeito das dietas experimentais sobre a evolução diária da concentração nitrogênio amoniacal.....	67
4 Efeito das dietas experimentais sobre a evolução diária da concentração molar de ácidos graxos voláteis totais no fluido ruminal	68
5 Efeito das dietas experimentais sobre a evolução diária da concentração molar de ácido acético no fluido ruminal	69
6 Efeito das dietas experimentais sobre a evolução diária da concentração molar de ácido propiônico no fluido ruminal	70
7 Efeito das dietas experimentais sobre a evolução diária da concentração de ácido butírico no fluido ruminal	71
8 Efeito das dietas experimentais sobre a evolução diária na relação acetato:propionato.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS

A	- alto
a	- fração solúvel
AAE	- aminoácidos essenciais
ADR	- amido degradável no rúmen
AGV	- ácidos graxos voláteis
B	- baixo
b	- fração potencialmente degradável
c	- taxa fracional de degradação
C ₂	- ácido acético
C ₃	- ácido propiônico
C ₂ :C ₃	- relação acetato:propionato
C ₄	- ácido butírico
C amido	- consumo de amido
CE	- capim elefante
CFDA	- consumo de fibra em detergente ácido
CFDN	- consumo de fibra em detergente neutro
CMO	- consumo de matéria orgânica
CMS	- consumo de matéria seca
CPB	- consumo de proteína bruta
Dg	- degradabilidade
DE	- degradabilidade efetiva
DR	- digestibilidade aparente ruminal
DRA	- digestibilidade aparente ruminal do amido
DRFDA	- digestibilidade aparente ruminal da fibra em detergente ácido
DRFDN	- digestibilidade aparente ruminal da fibra em detergente neutro
DRMO	- digestibilidade aparente ruminal da matéria orgânica
DRMS	- digestibilidade aparente ruminal da matéria seca

DRPB	- digestibilidade aparente ruminal da proteína bruta
DTT	- digestibilidade aparente no trato total
DTTA	- digestibilidade aparente de amido no trato total
DTTFDA	- digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido no trato total
DTTFDN	- digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro no trato total
DTTMO	- digestibilidade aparente da matéria orgânica no trato total
DTTMS	- digestibilidade aparente da matéria seca no trato total
DTTPB	- digestibilidade aparente de proteína bruta no trato total
EA	- eficiência alimentar
EPM	- erro padrão da média
FDN	- fibra em detergente neutro
FDA	- fibra em detergente ácido
FDN:ADR	- relação fibra em detergente neutro e amido degradável no rúmen
FDN _e	- FDN efetivo
FDN _{fe}	- FDN fisicamente efetivo
FP	- farinha de peixe
FS	- farelo de soja
H	- hora
H:F	- relação haste e folha
kp	- taxa de passagem
lig	- lignina
MF	- milho floculado
MM	- milho moído
M.Morto	- material morto
MO	- matéria orgânica
MS	- matéria seca
N-NH ₃	- nitrogênio amoniacal
NS.NT ⁻¹	- relação nitrogênio solúvel e nitrogênio total
PB	- proteína bruta
PDR	- proteína degradável no rúmen

PL	- produção de leite
PLCG	- produção de leite corrigido para 3,5% de gordura
PM	- proteína microbiana
PNDR	- proteína não degradável no rúmen
SM	- silagem de milho
TMP	- tamanho médio de partículas
mM	- solução milimolar

**LOCAL, TAXA E EXTENSÃO DA DIGESTÃO DE NUTRIENTES EM RAÇÕES
PARA VACAS LEITEIRAS COM BASE EM CAPIM ELEFANTE (*Pennisetum
purpureum*, Schum cv cameron) SUPLEMENTADAS COM FONTES E
NÍVEIS DE ENERGIA E PROTEÍNA**

Autora: LAÍSSE GARCIA DE LIMA

Orientador: LUIZ GUSTAVO NUSSIO

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes formas de processamento de milho, níveis de inclusão na dieta e fontes de proteína sobre a digestibilidade dos nutrientes na dieta, parâmetros de fermentação ruminal, bem como o desempenho de vacas leiteiras. Foram utilizadas cinco vacas holandesas em lactação, distribuídas ao acaso em um delineamento experimental do tipo quadrado latino 5 x 5. Os tratamentos utilizados foram: 1) silagem de milho, farelo de soja e milho moído (quirera fino) em nível alto; 2) capim elefante, farelo de soja, milho moído em nível alto; 3) capim elefante, farelo de soja, milho moído em nível baixo; 4) capim elefante, farelo de soja, milho floculado (360 g.L⁻¹) em nível alto; 5) capim elefante, farinha de peixe, milho floculado em nível alto. Houve menor consumo de matéria seca, produção e quantidade de proteína no leite para o tratamento com baixo nível de concentrado (P<0,05). Alterações nos níveis de gordura no leite foram observados para variações no nível e fonte de

concentrado. Foi observado tendência de efeito positivo na flocculação de grãos de milho sobre a digestibilidade de MS ($P=0,16$) e MO ($P=0,18$). O tratamento com alto nível de concentrado apresentou maior quantidade de FDN digerida no rúmen e tendência de efeito positivo para o milho moído ($P=0,13$) e alto nível de concentrado na dieta ($P=0,09$). A inclusão de farinha de peixe na dieta reduziu a degradação de proteína no rúmen ($P<0,05$). As dietas com milho flocculado apresentaram maiores porcentagens de degradabilidade ruminal de amido. O baixo nível de concentrado na dieta reduziu a concentração molar de butirato e aumentou amônia ruminal ($P<0,05$). A inclusão de milho flocculado aumentou a concentração molar de acetato, propionato, butirato e AGV total, além de causar redução na relação acetato:propionato e na concentração de amônia ruminal. A utilização de farinha de peixe aumentou a relação acetato:propionato devido à redução na concentração molar de propionato, reduziu o valor de pH ruminal e apresentou tendência de redução na concentração de amônia ruminal ($P=0,06$) e AGV total ($P=0,14$). Não houve efeito dos tratamentos sobre a degradabilidade efetiva da MS do capim elefante ($P<0,05$). A dieta com farinha de peixe apresentou menor degradação potencial ($P<0,05$). Os tratamentos não influenciaram a degradabilidade potencial e efetiva de FDN e FDA do capim elefante ($P<0,05$). A dieta contendo capim elefante, milho flocculado e farelo de soja em alto nível foi a que mais se aproximou da dieta de silagem de milho nos diversos parâmetros avaliados. A fonte de PNDR não apresentou vantagens em relação à fonte convencional de proteína. O fornecimento de baixo nível de concentrado não supriu as deficiências energéticas do capim elefante. A maior eficiência de produção de vacas leiteiras recebendo rações com base em capim elefante simulando pastejo foi observada quando energia estava disponível no rúmen, seja através do processamento ou da maior inclusão de concentrado na dieta.

**SITE, RATE AND EXTENT OF NUTRIENT DIGESTION IN DAIRY COWS
DIETS FED ELEPHANT GRASS (*Pennisetum purpureum*, Schum cv
cameron) ADDED WITH SOURCES AND LEVELS OF ENERGY AND
PROTEIN.**

Author: LAÍSSE GARCIA DE LIMA

Adviser: LUIZ GUSTAVO NUSSIO

SUMMARY

This trial was conducted to analyze the effects of corn grain processing, concentrate levels and protein sources on nutrient digestibility, ruminal fermentation parameters, as well as dairy cow performance. In a 5 x 5 latin square design, holstein cows fitted with ruminal and duodenal cannulas were randomly assigned to the following treatments: 1) corn silage with high concentrate level containing soybean meal and finely ground corn (FGC); 2) chopped elephant grass (CEG) with high concentrate level containing soybean meal and FGC; 3) CEG with low concentrate level containing soybean meal and FGC; 4) CEG with high concentrate level containing soybean meal and steam flaked corn (SFC) (360 g.L⁻¹) and 5) CEG with high concentrate level containing fish meal and SFC. Dry matter intake (DMI); milk yield and milk protein yield

were decreased with low concentrate diets ($P < 0,05$). Concentrate source and level of addition altered milk fat percentage. There was a trend of increased DM ($P = 0,16$) and organic matter digestibility ($P = 0,18$) when flaked corn was fed. CEG rations containing high concentrate level led to an increased NDF ruminal digestibility ($P = 0,09$), mainly with FCG rations ($P = 0,13$). Fish meal containing diets decreased the level of protein degradation in the rumen ($P < 0,05$). Ruminal starch degradability was increased in SFC rations, which resulted in higher molar proportions of acetate, propionate and total VFA, whereas acetate:propionate ratio and ammonia levels were decreased ($P < 0,05$). Low concentrate rations, however, led to a higher average daily ammonia levels, suggesting N loss in the rumen. Opposite trend was observed to fish meal rations where ruminal ammonia ($P = 0,06$) and total VFA ($P = 0,14$) were lowered. Fish meal also, led to a decrease in propionate and ruminal pH, which turned out to increase acetate:propionate ratio. CEG effective DM degradability showed no changes across treatments. In contrast most of the available literature data, SFC was less degradable than ground corn, with trend to low degradation ratio ($P = 0,16$), mainly on fish meal rations. Neither grain source nor addition levels, as well protein sources determined significant changes on potential and effective CEG NDF and ADF degradabilities. By using SFC plus soybean concentrate associated with elephant grass rations, overall nutrient digestion, ruminal parameters and milk yield were improved. In fact, CEG added with SFC and soybean meal rations reached the closest performance when compared to the corn silage based ration. Low concentrate ration level or the addition of fish meal were not effective on improve ruminal fermentation, which in turn led to reduced animal performance. In a simulated grazing trial dairy cows fed elephant grass rations showed better efficiency when energy availability was enhanced at the ruminal level. The additional energy supply may either be achieved by increasing concentrate level or by altering ruminal starch degradability.

INTRODUÇÃO

A unificação dos mercados internacionais tem levado os produtores a buscar maior eficiência e escala de produção dos produtos de origem animal, possibilitando dessa maneira que continuem competindo no segmento agropecuário.

O Brasil, por ser um país tropical, apresenta condições climáticas favoráveis para a existência de uma grande diversidade de plantas forrageiras, com elevado potencial produtivo, o que permite que essas plantas sejam utilizadas em sistemas de produção intensivos caracterizados pela elevada capacidade de suporte. Essas características podem reduzir os custos de produção, possibilitando maiores produções de leite e carne por unidade de área, tornando o produto animal mais competitivo e a exploração da pecuária mais rentável. No entanto, para que as pastagens sejam utilizadas adequadamente, é necessário um bom manejo e conhecimento do seu valor nutritivo, limitações nutricionais e eficiência de digestão das forragens pelos ruminantes nas diferentes dietas.

Para que os animais possam demonstrar seu potencial produtivo, é essencial que esses tenham suas exigências nutricionais atendidas através do fornecimento de uma dieta balanceada qualitativa e quantitativamente. Além disso, é necessário conhecer a intensidade e local de digestão de cada nutriente, permitindo dessa forma um suprimento constante e equilibrado de nutrientes para o animal e para os microrganismos digestores.

Nas últimas décadas adotou-se o conceito da necessidade de alimentos que fossem resistentes à degradação ruminal, tomando-os disponíveis

principalmente no intestino delgado, visando um maior aporte de nutrientes para o animal. No entanto, quando se utiliza esse tipo de alimento, a disponibilidade de nutrientes para os microrganismos do rúmen pode se tornar excessivamente restrita, reduzindo a população desses e impedindo a expressão máxima da fermentação ruminal, reduzindo principalmente a digestão da porção fibrosa que pode levar ao comprometimento da saúde do animal.

A utilização de alimentos resistentes à degradação ruminal foram preconizados principalmente para as fontes de proteína, denominadas de proteína não degradável no rúmen (PNDR). No entanto, a partir da revisão de experimentos conduzidos com substituição de fontes de proteína degradáveis por fontes não degradáveis no rúmen, SANTOS et al.(1996; 1998), observaram que o uso de fontes de PNDR não proporcionou aumentos na produção de leite

Uma forma de alterar o local e a intensidade de degradação dos alimentos é através do processamento dos grãos utilizados nas dietas. O processamento dos grãos aumentam a suscetibilidade desses à hidrólise enzimática, proporcionando maior digestibilidade do alimento pelos microrganismos do rúmen e enzimas do hospedeiro.

No ruminante a fermentação microbiana caracteriza um processo simbiótico, onde os microrganismos do rúmen utilizam parte da energia dos alimentos ingeridos pelo ruminante, e como contribuição digerem alimentos que o mamífero seria incapaz de aproveitar (fibras), fornecendo para o ruminante produtos intermediários do seu processo digestivo (ácidos graxos voláteis). Os microrganismos do rúmen e os ácidos graxos voláteis representam as principais fontes de proteína e energia para o ruminante, respectivamente.

Métodos de processamento como a floculação, aumentam a digestibilidade do milho e do sorgo no rúmen, aumentando a absorção de energia resultante do aumento da produção de AGV, além de proporcionarem um maior fluxo de proteína microbiana, beneficiando o desempenho da lactação. Entretanto, a maximização da degradação de amido no rúmen resulta tradicionalmente em decréscimos na degradação ruminal da fração fibrosa. A

intensidade da associação negativa de fontes de amido e a fração fibrosa da pastagem vem merecendo investigação mais aprofundada com o objetivo de gerar fatores de eficiência de animais explorando alta lotação.

O objetivo então passa a ser maximização do processo de fermentação ruminal, já que esse garante o fornecimento da maior parte da proteína exigida pelo animal, além de aumentar a digestibilidade dos alimentos.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da utilização do capim elefante em pastejo simulado como volumoso em dietas de vacas leiteiras, associado à duas fontes de proteína (farelo de soja e farinha de peixe) e duas formas de processamento do grão de milho (moído e floculado), sobre a digestibilidade dos nutrientes, parâmetros ruminais, consumo e produção de leite.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Potencial do uso do capim elefante na alimentação de ruminantes

O capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) é uma gramínea originária da África e trazida para o Brasil por volta de 1920, sendo introduzida inicialmente no Rio Grande do Sul através de mudas provenientes dos Estados Unidos. Posteriormente um material vindo de Cuba foi introduzido no Estado de São Paulo (Faria, 1994).

O capim elefante apresenta um elevado potencial produtivo, sendo considerado uma das forrageiras de maior produção de matéria seca (Vicent-Chandler et al., 1964; Pedreira et al., 1965), podendo ser utilizado nos sistemas de produção de diversas maneiras, como capineira, silagem e pastagem propriamente dita (Faria, 1994). Quando essa espécie é bem manejada, o mesmo autor menciona que produções de até 80 toneladas de matéria seca por ha por ano podem ser atingidas. Diante da elevada produção, é comum sua utilização como volumoso suplementar nas épocas críticas do ano (Peres, 1997).

Para garantir a maximização da utilização desta gramínea no verão, como pastagem, quanto no inverno, na forma de forragem conservada, é necessário que sejam empregadas técnicas corretas de manejo. De acordo com Hillesheim (1988), a produtividade elevada de matéria seca pelo capim elefante sob pastejo é obtida quando se observa o ciclo de pastejo, se atendem as exigências de nutrição da planta e se maneja o capim elefante para a produção de perfilhos laterais.

Corsi (1994) preconiza que o manejo correto do capim elefante se caracteriza pela eliminação do meristema apical de perfilhos basais, durante o primeiro pastejo, que deve proporcionar dessa forma à planta, uma altura de pastejo ao redor de 40 cm, desfolha na frequência de 45 dias, produções de matéria seca que podem ser traduzidas em lotações de 7 a 17 unidades animais (UA).ha⁻¹ no verão. Para tanto, é necessário que o solo apresente alta fertilidade e exista nitrogênio suficiente para o crescimento rápido no início da primavera.

Tradicionalmente a qualidade das plantas forrageiras é avaliada pelo teor de proteína bruta e a sua digestibilidade, porém, deve-se tentar associar o consumo e o valor nutritivo, à produtividade de matéria seca, bem como o objetivo de uso para se obter uma melhor avaliação do material. Em relação ao teor de proteína bruta (PB), diversos trabalhos sumarizados por Hillesheim (1994) demonstram que até quatro semanas de idade o teor de PB da planta é elevado, variando de 9,7% a 16,6%, podendo ser utilizada adequadamente por bovinos leiteiros, devendo-se lançar mão de suplementação em alguns casos. No período de quatro a seis semanas ocorre uma queda acentuada, necessitando de suplementação aos animais.

As plantas forrageiras geralmente apresentam quantidade de proteína suficiente para garantir a produção de alguns tipos de animais, no entanto, esta proteína é utilizada pelos ruminantes com baixa eficiência, devido às perdas que ocorrem na deaminação pelos microrganismos ruminais. Desse modo, o suprimento reduzido de proteína absorvida pelos animais em pastagens ou proveniente de forragens frescas pode ser a maior limitação de seu valor nutricional e da produção de vacas em lactação em pastejo (Broderick, 1994 citado por Reis, 1998).

Os microrganismos ruminais de animais recebendo dietas à base de forragem geralmente possuem limitada fonte de energia, necessitando de metabolizar aminoácidos para seu desenvolvimento. A suplementação com fonte rica em energia é requerida para minimizar as perdas de nitrogênio de alta

qualidade da forragem, e maximizar o consumo de energia e a produção de leite (Reis, 1998)

Quanto à digestibilidade do capim elefante, valores superiores a 65% DIVMO podem ser observados até seis semanas de maturidade, classificando-o como volumoso de alta qualidade. Até doze semanas o capim pode ser considerado satisfatório, com digestibilidades de até 55%. Trabalhos de Yeo (1977) e Próspero (1972) indicaram que, considerando-se a produção de matéria seca e a composição químico-bromatológica, o capim elefante deve ser utilizado entre 40 e 70 dias. Períodos posteriores à estes indicam um volumoso de baixa valor nutricional, devido ao aumento da fração fibrosa indigestível da planta.

2.2 Local e taxa de degradação dos carboidratos estruturais

Os carboidratos estruturais (fibra) podem ser definidos nutricionalmente como a fração lentamente digestível ou a fração indigestível dos alimentos que ocupam espaço no trato gastrointestinal dos animais (Mertens, 1997).

Os carboidratos estruturais contidos nos alimentos utilizados para a nutrição de ruminantes, são representados pela fração fibra detergente neutro (FDN) e apresentam uma relação inversamente proporcional à densidade energética. Porém uma mínima quantidade de fibra de qualidade e forma física adequada é essencial para promover um máximo consumo de matéria seca e energia; manter a fermentação ruminal; fornecer precursores para a formação da gordura do leite e prevenir distúrbios metabólicos (NRC, 1989).

A estrutura física dos carboidratos estruturais é responsável pelo estímulo à atividade de mastigação e ruminação; a mastigação por sua vez estimula a secreção de saliva; os íons bicarbonato e fosfato presentes na saliva atuam como tamponantes, neutralizando os ácidos produzidos pela fermentação da matéria orgânica no rúmen. O balanço entre a produção e a

absorção de ácidos da fermentação, e a secreção de tamponantes, é o maior determinante do pH ruminal. O baixo pH ruminal determina redução de ingestão de matéria seca, digestibilidade dos carboidratos estruturais, desenvolvimento dos microrganismos ruminais e menor produção de leite (Allen, 1997). Apesar das vacas em lactação necessitarem de fibras para a maximização da produção, o fornecimento em excesso pode limitar o consumo voluntário de alimentos, devido ao processo de enchimento ruminal (Oba & Allen, 1999).

A quantidade de carboidratos estruturais a ser incluída na dieta é determinada pelo nível de produção do animal e sua condição corporal; origem da fibra; tamanho de partícula; quantidade de matéria seca consumida; poder tampão da forragem e frequência de alimentação (Mertens, 1992). Animais de alta produção, em função da elevada demanda energética, exigem dietas com menor teor de fibra e maior quantidade de carboidratos não fibrosos, quando comparados com animais de menor desempenho individual (NRC, 1989). Os carboidratos estruturais contidos na dieta de um ruminante podem ser provenientes tanto dos alimentos volumosos como dos alimentos concentrados. A porção fibrosa dos alimentos concentrados apresenta taxa de digestão muito variável, de acordo com a origem, podendo ser superior, igual ou até mesmo inferior à taxa de digestão das fibras dos alimentos volumosos (Firkins, 1997). O NRC (1989) recomenda que no mínimo 25% da matéria seca das dietas para vacas no início da lactação sejam compostas por FDN, e que desta fração 75% deve ser proveniente de forragem. Desse modo, a fração fibrosa da forragem irá contribuir com significativa quantidade de energia para a vaca em lactação.

A capacidade da forragem estimular a mastigação tem sido estudada extensivamente devido a relação entre a mastigação e o fluxo de tamponantes salivares para o rúmen, que são necessários para neutralizar os ácidos da fermentação. Essa capacidade da forragem em estimular a atividade de mastigação é classificada de acordo com o seu teor de fibra e seu fator de efetividade física (principalmente o tamanho de partículas), caracterizado como FDN fisicamente efetivo (FDN_{fe}). O FDN_{fe} está relacionado à concentração de

fibra, tamanho de partículas e a taxa de redução do tamanho de partículas, influenciando a formação do “mat” ruminal. Isto pode ser um fator crítico para a retenção de fibra no rúmen, determinando a dinâmica de fermentação ruminal e taxa de passagem de partículas, estimulando a ruminação. A saúde animal e a depressão de gordura no leite estão relacionadas com a efetividade da fibra, já que o padrão de fermentação e o pH ruminal estão relacionados com a produção de tamponantes pela saliva durante a ingestão e a ruminação. E a saliva por sua vez, apresenta quantidade e composição variável de acordo com a atividade de mastigação, que é influenciada pelo FDN_e (Mertens, 1997).

Os mamíferos não possuem aparato enzimático capaz de digerir os carboidratos estruturais, nos ruminantes isso ocorre devido à simbiose existente entre o animal e os microrganismos existentes no rúmen. Para que ocorra uma maior digestão é necessário que as estruturas físicas das plantas sejam danificadas, sendo que isso poderá ocorrer tanto pelo processamento físico da fibra, como pelo processo de mastigação do animal.

O primeiro passo na digestão dos carboidratos estruturais consiste no ataque do material por enzimas liberadas pelos microrganismos no ambiente ruminal (exoenzimas), que são responsáveis pela quebra da estrutura dos carboidratos estruturais até pequenos sacarídeos, que então são absorvidos pelos microrganismos para serem utilizados como fonte de nutrientes para o seu crescimento e reprodução (Russel & Hespell, 1981; McAllister et al., 1994).

A digestão de fibra no rúmen é um processo dinâmico que envolve ataque e fermentação dos polissacarídeos da parede celular pelos microrganismos. A extensão de digestão da fibra é função da proporção de fibra potencialmente digestível, taxa de digestão da fibra no rúmen, e taxa de passagem da fibra pelo rúmen (Allen & Mertens, 1988).

A taxa e a extensão da digestibilidade dos carboidratos estruturais da forragem é comprometida devido a queda acentuada do pH decorrente da maior produção de ácidos orgânicos durante a fermentação de carboidratos não estruturais, que estimulam o aumento da taxa de crescimento das bactérias

não-celulolíticas, que devem competir com vantagens sobre as bactérias celulolíticas, resultando em menor degradação da parede celular (Fahey et al., 1988).

Nussio (1997) relatou o impacto negativo da fonte de amido de alta degradabilidade ruminal (sorgo floculado) sobre a degradação da MS e de FDN de feno de alfafa. A taxa fracional de degradação da MS e FDN foi reduzida em 31,5% e 34,7% respectivamente, enquanto a degradabilidade efetiva reduziu 4,3% e 9,31%, quando amostras foram incubadas "in situ" em dietas de sorgo floculado comparadas com dietas de sorgo laminado. Resultados semelhantes foram observados por Weiss (1994) e Harmison et al. (1997).

O fornecimento de concentrado aos animais causa um aumento no "lag time", reduz a taxa e potencial de digestão da fibra através do aumento na taxa de passagem (kp) de alimentos fibrosos (Firkins & Oldick, 1997 citado por Nussio, 1997).

É sabido que o rúmen é o sítio mais importante na digestão de fibras, porém dietas ricas em carboidratos não estruturais, contendo elevado teor de gordura, pequeno tamanho de partícula e elevado nível de ingestão de matéria seca, podem diminuir a digestão da parede celular de forragens no rúmen, levando a uma maior perda de fibra potencialmente digestível, de acordo com Firkins (1997).

A digestibilidade do FDN é outro fator que deve ser levado em consideração na avaliação da qualidade da forragem, já que a digestibilidade ruminal é muito variável. Mertens (1993) sugeriu que a ingestão de matéria seca (MS) pode ser influenciada pelo teor de FDN da dieta, devido a relação direta entre o FDN e a densidade dos alimentos, que provoca maior retenção ruminal. Adicionalmente, o aumento da hidrólise do FDN poderia estimular o rápido desaparecimento de FDN do rúmen, reduzindo o enchimento ruminal, permitindo um aumento de consumo de MS.

Alguns autores (Grant et al., 1980; Dado & Allen, 1996) conduziram experimentos fornecendo silagem apresentando níveis similares de proteína

bruta e FDN, mas diferentes digestibilidades de FDN, e encontraram aumentos significativos em consumo de MS e produção de leite. Oba & Allen (1999) avaliaram 13 experimentos com diferentes digestibilidades de FDN no desempenho de vacas em lactação, e concluíram que o aumento de 1% na digestibilidade de FDN resultou em um aumento de 0,17 kg na ingestão de MS, e 0,25 kg de produção de leite corrigido para 4% de gordura. Deve ser levado em consideração que esses trabalhos utilizaram diferentes tempos de incubação, que podem confundir os efeitos de digestibilidade de FDN sobre o desempenho animal.

2.3 Interação entre carboidratos não estruturais e carboidratos estruturais

O aumento na proporção de concentrado ou de grãos na dieta provoca uma redução na digestibilidade da fibra, havendo maiores reduções de acordo com o aumento das proporções de carboidratos não estruturais (Orskov, 1986; Mir & Mir, 1994).

O fornecimento de concentrado tem mostrado uma redução da taxa de digestão e redução do potencial de degradação da fibra através do aumento da taxa de passagem de alimentos fibrosos. Níveis moderados de carboidratos não estruturais provenientes de concentrado da dieta estimulam ou deixam de inibir a digestão de fibra, no entanto, concentrações de açúcares solúveis superiores a 15% inibem a digestão de fibras através de mecanismos diretos ou indiretos, como a redução do pH, de acordo com Firkins, 1996, citado por Nussio (1997). O mesmo autor citou ainda que houve uma redução no desenvolvimento de microrganismos ruminais e redução no desempenho dos animais quando houve um excesso no fornecimento de carboidratos não estruturais (39%), ou uma combinação entre altos níveis de carboidratos não estruturais e FDN rapidamente degradável, resultando em uma diminuição do enchimento do rúmen em 15.6%. Aparentemente o açúcar proveniente de amido ou de outras

fontes de carboidrato não estrutural também promovem a redução da digestão de fibra através da inibição da colonização desta pelos organismos celulolíticos.

A utilização de forragem em dietas contendo grãos processados é dependente da taxa e extensão de degradação do amido no rúmen. Analisando o trato digestivo total, dietas com altos níveis de amido degradável no rúmen, indicaram uma redução na digestibilidade de carboidratos estruturais. No rúmen, a digestão de FDN e FDA reduziu em média 14.1% quando fontes de amido degradável no rúmen foram utilizadas (Nussio, 1997).

De Visser et al. (1998) não relataram influência da adição de carboidratos não estruturais na fração solúvel, insolúvel ou potencialmente degradável da FDN de silagem de gramíneas incubadas "in situ", no entanto, houve uma redução na taxa de degradação fracional e aumento da fase "lag", implicando em menor digestibilidade aparente do FDN.

A suplementação de milho moído à uma dieta exclusiva à pasto (misto de 25% de alfafa; 25% de trevo vermelho e 50% grama de pomar (*Dactylis glomerata*)) teve uma tendência de redução na digestibilidade de FDN ($P=0,06$) apesar de não ter ocorrido redução no pH ruminal, indicando que o efeito negativo pode ter ocorrido por outros fatores (Bach et al., 1999).

Stensig & Robinson (1997) citam redução na taxa de degradação do FDN de silagem de alfafa e silagem de capim timóteo de acordo com o aumento da proporção de concentrado na dieta. No entanto, a taxa de passagem de FDN da silagem de alfafa também foi reduzida, resultando em uma maior digestibilidade ruminal de FDN da silagem de alfafa.

As digestibilidades de FDN e FDA em trabalho de Yu et al. (1998) foram negativamente relacionadas às digestibilidades de amido, tendo sido observados maiores valores para as dietas contendo milho laminado (490 g.L^{-1}). Nussio et al. (1997) revisaram 12 trabalhos de digestibilidade comparando sorgo laminado e sorgo floculado, não detectando efeito na digestibilidade de fibra no trato digestivo total. Em 3 trabalhos, no entanto, onde avaliaram a

digestão ruminal, as digestibilidades de FDN e FDA foram significativamente menores para os tratamentos com sorgo floculado.

Um menor pH ruminal causado pela excessiva fermentação de amido pode reduzir a digestão de fibra, e o amido por si, independente da alteração no pH ruminal, tem sido associado com o decréscimo no desaparecimento da fibra no rúmen (Sutton et al., 1987). O amido acentua este efeito inibitório na digestão da fibra devido à sua elevada fermentação que estimula certos tipos de bactérias que inibem a hidrólise da fibra (Smith et al., citado por Yu et al., 1998).

Altas quantidades de açúcares solúveis tem sido relacionadas com uma redução na atividade das enzimas carboximetilcelulase (envolvida na degradação de celulose) e xilanase (responsável pela degradação de xilose, que é o principal constituinte da hemicelulose), de acordo com Nussio (1997). Bactérias fibrolíticas produzem um complexo grupo de enzimas associadas à parede celular que degradam frações da parede celular, incluindo celulose e hemicelulose. Grande parte desse material é constituído por xilose e arabinose, que se caracterizam como açúcares pentose. Muitas bactérias ruminais degradam hemicelulose, mas poucas espécies fermentam polissacarídeos do tipo pentose. *Ruminococcus albus* hidrolizam 92% das pentosanas e mais de 80% é fermentada até ácidos graxos voláteis. A celobiose, que é um dissacarídeo da celulose, é fermentada preferencialmente a xilose e arabinose, e parece reduzir a quebra de pentoses através da repressão da atividade de transporte e de enzimas catabólicas (isomerases e quinases). Glucose e xilose utilizam um mesmo sistema de transporte. A glucose é preferida em relação à arabinose, e a hexose inibe de forma não competitiva o transporte de arabinose. A inibição do transporte de arabinose não deve ser diretamente causado por moléculas de glucose, já que o efeito inibitório é observado mesmo quando a glucose já sofreu completa exaustão (Thurston et al., 1994).

2.4 Formas de processamento e local de digestão do amido

Para que os animais em pastejo possam expressar seu potencial produtivo, é necessário atender suas exigências nutricionais. Normalmente as plantas forrageiras apresentam concentrações nutricionais abaixo das exigências dos animais, principalmente quando se utilizam animais de elevada produção.

A energia é o principal nutriente limitante para a produção de bovinos leiteiros sob pastejo, sendo que esse é suprido principalmente na forma de amido proveniente dos grãos de cereais, como o milho. O milho sempre ocupou lugar de destaque, não só pelo seu comprovado valor nutritivo, como também pela tradição no cultivo da cultura.

Na maioria dos grãos de cereais o amido representa cerca de 60 a 80% da composição dos grãos (Guilbot e Mercier, 1985), constituindo-se dessa forma na fonte primária de energia das dietas fornecidas para vacas leiteiras (Santos et al., 1999). O principal local de digestão do amido em ruminantes é o rúmen. A taxa e a extensão de digestão do amido no rúmen são influenciadas pela forma química e física que o amido se apresenta, quantidade de amido disponível para a digestão ruminal, pH ruminal, taxa de passagem da dieta, entre outras. A intensidade com que o amido é degradado no rúmen influencia por sua vez a quantidade e a composição de ácidos orgânicos produzidos durante o processo de fermentação ruminal; o pH ruminal; a quantidade e a composição química e física do amido que vai para digestão pós ruminal. Todos esses fatores podem afetar a eficiência de utilização do amido pelas vacas leiteiras em alta produção.

Os fatores mais importantes que afetam a degradabilidade ruminal do amido são a fonte e o tipo de processamento do grão. Desse modo, grãos de cereais utilizados nas dietas de vacas em lactação podem ser submetidos a diversos tipos de processamento para aumentar a digestibilidade ruminal do amido (Theurer, et al. 1996).

A moagem envolve apenas ação mecânica, aumentando a superfície de contato e conseqüentemente, a suscetibilidade à digestão enzimática. A floculação consiste de um processamento com vapor, causando o inchaço e posterior fracionamento do grão, tornando-o um floco. Durante a exposição ao calor e umidade, os grãos de amido sofrem gelatinização começando pela região amorfa, e vagarosamente atingindo a região cristalina, desorganizando o grânulo de amido, em consequência da quebra das ligações de hidrogênio (α 1-4) na região cristalina e em menor intensidade na região amorfa (Galliard, 1987). O processo é sinérgico, o estresse gerado pelo inchaço da região amorfa ajuda na quebra dos cristais. Prensando o grão quente e úmido em rolos reguláveis, quebra-se os grãos inchados, formando uma pasta que se torna um floco, causando um aumento na superfície de contato e suscetibilidade do amido ao ataque enzimático, devido à ruptura da matriz protéica. A floculação gera um amido mais rapidamente disponível para os microrganismos do rúmen e para digestão enzimática, comparada aos métodos convencionais (Simas, 1996). O nível de floculação e gelatinização do amido são determinados pelo tempo de exposição ao vapor, temperatura, umidade do grão, tamanho e distância entre os rolos e tipos de grãos (Plascencia & Zinn, 1996).

O maior efeito do processamento é a mudança do local de digestão de amido do intestino para o rúmen. A floculação de milho e sorgo, comparada à moagem grosseira ou fina, resulta em uma maior digestão ruminal do amido e um maior fornecimento de energia para os microrganismos do rúmen, maximizando a produção de proteína microbiana (Poore et al., 1993). Comparações realizadas entre sorgo laminado e floculado indicam aumento de 40%, na digestibilidade ruminal do amido de sorgo floculado, aumento de 10% na digestibilidade total do amido e do fluxo de proteína microbiana para o intestino, de acordo com citação de Theurer (1996). Aumentos em produção de leite, leite corrigido para gordura, produção e quantidade de proteína do leite, foram observados para fontes de milho floculado e sorgo floculado, em relação a milho laminado, a vapor ou moído, de acordo com Yu (1996). Quando a

degradabilidade de amido no rúmen foi aumentada através da floculação de sorgo, a proporção de propionato no total de ácidos graxos voláteis aumentou em cerca de 20%. Aumentos da proporção do propionato e diminuição da relação acetato:propionato é o resultado de fermentação ruminal mais ativa, e aumentos de glicose disponível para síntese de lactose e produção de leite, já que o propionato é seu principal precursor (Simas, 1996). Experimentos citados por Theurer (1996) demonstraram que a produção de leite máxima foi associada ao maior consumo de amido degradável no rúmen e intestino, e que o aumento da digestão do amido pós-ruminal não aumentou a produção de leite ou de proteína do leite.

O amido que escapa da degradação ruminal passa para o intestino delgado onde pode ser enzimaticamente digerido por um processo semelhante ao dos animais monogástricos. Para que a digestão intestinal de amido ocorra é necessário a presença de enzimas capazes de quebrar as ligações glicosídicas do tipo α 1-4 e α 1-6 (amilose e amilopectina) (Menezes Junior, 1999).

Orskov (1986), sugeriu que a digestão do amido no intestino delgado pode ser limitada por falta de α amilase e de isomaltase e também por uma capacidade limitada de absorção de glicose. Owens et al. (1986), demonstraram que a limitação não é devida à capacidade enzimática, visto que não se atinge um limite na capacidade de amido que desaparece no intestino delgado, sugerindo que o tempo e a área de exposição possam limitar a digestão intestinal de amido. Huntington (1994), concluiu que a menor eficiência de utilização para funções produtivas, quando o amido é digerido no intestino delgado, está relacionada com a reduzida atividade da amilase dos ruminantes, quando comparada com a dos não ruminantes.

Dessa forma, ao efetuar o processamento dos grãos de cereais, tem como principal efeito a mudança do local de digestão do intestino para o rúmen, com aumento concomitante na porcentagem digerida em ambos os compartimentos. O processamento reduz a limitação intestinal de digerir amido, quando grãos não processados são utilizados, porque reduz a quantidade de

amido que chega nos intestinos, além de aumentar a digestibilidade pós-ruminal do amido (Theurer, 1986).

2.5 Metabolismo e absorção de AGV

O rúmen por ser um ambiente anaeróbio, não permite que o microrganismo realize a digestão total dos sacarídeos ingeridos, dessa forma esses liberam para o meio produtos intermediários do seu processo digestivo que são denominados de ácidos graxos voláteis, esses produtos recebem essa denominação por se tratar de ácidos orgânicos de pequena cadeia, que são voláteis em altas temperaturas (Allen, 1997).

Os ácidos graxos voláteis, que são representados pelos ácidos acético, propiônico e butírico, são absorvidos para a corrente sanguínea através da parede ruminal e entram no metabolismo dos ruminantes como as principais fontes de energia (Russel & Hespell, 1981). Após a absorção, os ácidos graxos voláteis são utilizados de diferentes formas.

Uma parte do ácido acético é utilizado como fonte de energia para a parede ruminal, o restante vai para a corrente sanguínea, passa pelo fígado, e é transportado para os tecidos onde é utilizado como fonte de energia e precursor de gordura (Bergman, 1990).

Após ser absorvido pela parede do rúmen, o propionato é levado para o fígado através do sistema porta, onde é quase que totalmente absorvido para atender a gluconeogênese, sendo o propionato o principal precursor para a produção de glucose nos ruminantes (Huntington et al., 1981; Amaral et al., 1990).

O ácido butírico é quase que totalmente utilizado para a produção de energia para a parede do rúmen, chegando apenas 10% ao fígado para ser metabolizado, sendo transformado em ácidos graxos de cadeia longa, corpos cetônicos e CO₂. A disponibilidade do butirato para os outros tecidos é muito

baixa, sendo utilizado no tecido adiposo e glândula mamária para síntese de gordura (Bergman, 1990).

O aumento da degradação ruminal de amido causa um aumento na produção de ácidos graxos voláteis total, de acordo com Simas (1995) e Chen (1994). A floculação estimula a produção de AGV total, principalmente pelo aumento no nível de propionato, reduzindo a proporção acetato:propionato. Aumento de propionato tem sido associado a uma maior produção de proteína no leite, talvez devido ao aumento da gluconeogênese a partir de propionato, deixando mais aminoácidos para serem utilizados pela glândula mamária (Nussio, 1997).

Uma revisão feita por Theurer et al. (1999) com 43 trabalhos comparando processamentos de grãos, relaciona um aumento na utilização de propionato pela glândula mamária em dietas com grãos floculados. Concentrações de ácidos graxos voláteis, principalmente propionato, são aumentadas no rúmen de animais alimentados com grãos de sorgo ou milho laminado. A absorção líquida de propionato aumentou 25% em vacas alimentadas com sorgo floculado.

O aumento no grau de processamento de grãos de sorgo, através da redução na densidade do floco, apresentou uma tendência linear de aumento na absorção de precursores de glucose (propionato e lactato), resultando em um aumento linear da síntese e distribuição de glucose pelo fígado para os tecidos periféricos, como músculo, glândula mamária (Lozano et al., 2000).

Jones-Endsley et al. (1997) não observaram alterações na concentração de AGV total no rúmen de animais que receberam suplementação à pasto. No entanto, houve um aumento na proporção molar de propionato, redução em acetato e na relação acetato:propionato de acordo com o aumento da suplementação. Contudo, o fornecimento de concentrado em dietas à pasto, na tentativa de sincronizar a degradação da fração N da forragem, não alterou a concentração molar de AGV's totais no rúmen, propionato, acetato, butirato ou relação acetato:propionato (Kolver et al., 1998). Soriano et al. (2000)

forneeceram 6 kg.d⁻¹ de milho de alta umidade ou milho moído à vacas em lactação em dietas à pasto, e não observaram alterações na concentração molar de AGV's totais, acetato e propionato.

Os tratamentos com proteína de alto valor biológico e suplementação com gordura apresentaram aumentos na concentração total de ácidos graxos voláteis no rúmen, acetato e butirato (Chan, et al., 1997). O farelo de soja apresentou superior concentração de AGV total e acetato em relação à farinha de peixe (Zerbini et al., 1988). Spain et al. (1995) relatou maior porcentagem molar de butirato quando foi adicionado 5,2% de farinha de peixe à dieta em relação à inclusão de 7,8%.

2.6 Fontes, local e extensão de digestão de proteína

Durante muitos anos foi sugerido que o processo de fermentação no rúmen poderia resultar em perdas significativas dos nutrientes das dietas, buscando assim, a utilização de alimentos que apresentassem menor degradabilidade ruminal, sendo metabolizados no intestino delgado. Vários experimentos (Zerbini et al., 1988, Mabjeesh et al., 1996, Khorasani et al., 1996), foram conduzidos com o objetivo de demonstrar os efeitos positivos da substituição de fontes ricas em proteína degradável no rúmen (PDR) por fontes de proteína não degradável no rúmen (PNDR), porém não apresentaram resultados satisfatórios.

Estudos recentes demonstram a importância e a necessidade em se fornecer nutrientes em qualidade e quantidade necessárias para os microrganismos do rúmen, visando a otimização do processo fermentativo, e com isso um maior aporte de nutrientes para o ruminante, em especial a proteína microbiana. Revisão sumarizada por Santos et al.(1996;1998), com diversos trabalhos avaliando a substituição de farelo de soja (PDR) na dieta por fontes diversas ricas em PNDR, como: farinha de carne e osso, farinha de

peixe, farinha de sangue, farinha de pena, protenose de milho, resíduo de destilaria, resíduo de cervejaria, farelo de soja tostado quimicamente e farelo de soja “expeller”, demonstrou que não houve aumento na passagem de AAE para o intestino com a utilização de fontes de PNDR. O perfil inadequado de aminoácidos essenciais nas fontes de PNDR, principalmente o desbalanço na relação entre lisina e metionina foi o fator que mais contribuiu para a não obtenção de resultados positivos. Das fontes de baixa degradabilidade no rúmen, a farinha de peixe é a que apresenta maiores chances de trazer resultados positivos, devido á sua alta qualidade quanto aos níveis de lisina e metionina. A combinação de diferentes fontes ricas em proteína de baixa degradabilidade no rúmen, na tentativa de obter uma proteína melhor balanceada em AAE, não obteve resultados superiores ao farelo de soja, ou à fontes únicas de PNDR de alta qualidade. Isso porque ao combinar fontes que apresentam altos valores em um AAE, com fontes que apresentam altos valores em outros AAE, obtém-se um valor médio de AAE, que são inferiores à proteína microbiana, e muitas vezes similar ao farelo de soja (Santos, 1996;1998). De acordo com Polan (1992), as fontes de proteína que apresentaram melhor sequência de aminoácidos em relação ao perfil de aminoácidos do leite foram: proteína microbiana; farelo de soja e farinha de peixe.

Associado à elevada qualidade da proteína microbiana, a maximização do processo de fermentação ruminal se torna fundamental, pois quando há condições adequadas para fermentação, principalmente fornecimento de energia para o rúmen, a proteína microbiana é responsável pelo atendimento total das exigências de proteína para vacas com produção de até 20 litros, de acordo com Stern et al. (1994) e NRC (1989), demonstrado na equação abaixo:

- Equação para estimativa da produção de proteína microbiana

$$PM \text{ (g/ dia)} = 6.25 (-30.93 + 11.45 \times EL \text{ consumida})$$

Considerando um animal de 550 Kg, produzindo 20 litros/ leite por dia, consumindo 16 Kg de MS com concentração de 1.5 Mcal de EL/ Kg de MS, haverá um consumo de 24 Mcal de energia líquida, que aplicado na fórmula de

produção de proteína microbiana, resulta em 1524g de proteína microbiana/dia. Considerando que 80% da proteína microbiana é proteína verdadeira, e que 80% da proteína verdadeira é absorvida, e que 70% da proteína absorvida é utilizada para síntese de leite, chega-se ao valor de 683g de proteína para síntese de leite proveniente dos microrganismos. Admitindo uma concentração de 3.2% de proteína na composição do leite, haverá uma exigência de 640g de proteína para a produção de 20 litros de leite, que é atendida pela proteína microbiana.

Para que ocorra uma elevada taxa de digestão ruminal, é necessário que a população de microrganismos do rúmen tenha condições satisfatórias para seu crescimento e reprodução, isso é possível através da manutenção de um ambiente ruminal adequado e estável e um fornecimento constante e equilibrado de nutrientes para o seu metabolismo.

A fermentação ruminal é o resultado de atividades físicas e microbiológicas que convertem componentes da dieta em produtos que são utilizados pelos ruminantes, como por exemplo os ácidos graxos voláteis, a proteína microbiana, vitaminas do complexo B e outros, além de produtos que não são utilizados podendo até mesmo ser tóxico para o ruminante, como por exemplo metano, gás carbônico, amônia e nitratos (Owens, 1988; Van Soest, 1982; Van Soest, 1994).

A disponibilidade de nutrientes é o principal fator que afeta o crescimento e a eficiência dos microrganismos ruminais. Os carboidratos são as principais fontes de energia (ATP) para o crescimento e reprodução dos microrganismos ruminais, enquanto que as principais fontes de proteína são aminoácidos e peptídios, principalmente para os microrganismos fermentadores de carboidratos não estrutural e amônia, para os microrganismos fermentadores de carboidratos estruturais (Sniffen et al., 1992; Hoover & Stokes, 1991; Russel et al., 1992). Devido a grande demanda de energia e proteína por parte dos microrganismos ruminais para o seu crescimento e reprodução, é necessário esses estejam disponíveis de maneira sincronizada, para estimular o rápido e

eficiente crescimento bacteriano. Quando o nitrogênio é degradado a uma taxa mais rápida que a fonte de energia, o excesso de amônia será levado para o fígado, via sistema portal, onde será convertida em uréia, parte dessa uréia será reciclada para o trato digestivo e parte será excretada via urina, promovendo perda de nitrogênio para o animal. Por outro lado quando a quantidade de energia degradada no rúmen se sobrepõe à proteína, falta nitrogênio para a síntese de proteína microbiana no rúmen e o crescimento microbiano diminui (Owens et al., 1988; Huber et al., 1994; Menezes Junior, 1999).

Alio et al. (2000) avaliaram o método de processamento do grão de sorgo (laminado e floculado), e o grau de processamento do sorgo floculado (densidade do floco) sobre o metabolismo de nitrogênio nos tecidos esplênicos. O método e o grau de processamento dos grãos resultaram em uma maior passagem de N-uréia do sangue para os intestinos. A redução na densidade da floculação aumentou linearmente a absorção de N alfa-amino por novilhos em crescimento, o que pode explicar o maior desempenho de novilhos de corte alimentados com grãos floculados.

Outros fatores podem afetar o desenvolvimento dos microrganismos, como o pH do fluido ruminal, que estando abaixo de 6,0, pode prejudicar principalmente os microrganismos celulolíticos, outro fator que pode influenciar o crescimento e a eficiência dos microrganismos ruminais é a taxa de passagem dos alimentos, pois, quanto maior for a taxa de passagem, menor é a necessidade dos microrganismos fermentarem alimentos de baixa digestibilidade, consequentemente maior é a eficiência microbiana (g de nitrogênio de origem bacteriana.kg⁻¹ de carboidratos verdadeiramente fermentados no rúmen), porém pode ocorrer uma redução na extensão da digestão ruminal. Todos esses fatores são determinados pelo nível de consumo de matéria seca dos animais, sistema de alimentação, tamanho de partícula, qualidade da forragem, proporção volumoso e concentrado, tipo e processamento dos carboidratos dos alimentos (Sniffen et al., 1992; Clark et al., 1992; Huber et al., 1994; Van Soest, 1994).

Rode et al. (1985) relataram que a relação volumoso:concentrado pode afetar tanto a eficiência microbiana quanto a produção devido aos efeitos na disponibilidade de substrato, taxa de passagem e pH ruminal. A eficiência microbiana foi maior quando a proporção volumoso:concentrado foi de 80:20 (feno de alfafa), mas a produção microbiana foi maior nas dietas que continha a proporção volumoso:concentrado de 38:62.

O aumento na síntese de proteína microbiana pode melhorar a quantidade e o perfil de aminoácidos essenciais (AAE) que chegam ao duodeno para serem absorvidos, uma vez que as bactérias apresentam 62,5% de proteína bruta na sua composição média, porém apenas 50 a 70% do nitrogênio bacteriano está disponível como aminoácido, o restante faz parte da parede celular e ácidos nucleicos (Russel et al., 1992), essas características resultam especialmente em mais lisina e metionina para a síntese de leite (Santos, 1997). Schwab (1994) e Rulquin & Verité (1993), sugeriram que a produção de leite e de proteína do leite são maximizadas quando Lisina e Metionina representam em torno de 15 e 5% respectivamente do total de aminoácidos essenciais que chega ao intestino delgado de vacas em lactação.

2.7 Marcadores para determinação de digestibilidade

Diversos marcadores tem sido utilizados de acordo com o foco das pesquisas, e estas indicam que nenhum marcador é o ideal, mas deve-se tentar escolher o marcador e o método de determinação previamente para evitar possíveis erros de amostragem.

Para determinação de consumo, pode-se utilizar η -alcanos, enquanto cromo mordante e complexo de EDTA são mais adequados para determinação de digestibilidade (Tamminga et al., 1989). Para estudos de cinética, esses complexos são ainda marcadores de fase líquida. Devido às facilidades de análise de isótopos radioativos e estáveis, à disponibilidade e ao custo,

marcadores como thullium e ytérbio tem sido utilizados em adição à lignina para determinação da cinética de partículas grandes e pequenas, respectivamente (Teeter, et al., 1984).

Lignina tem sido reportada como um marcador de grande potencial, desde que utilizado adequadamente, seguindo suas limitações, adotando protocolos de análises corretos para as finalidades do marcador (Besle et al., 1995). Fahey & Jung (1983) citaram a lignina, considerada um composto indigestível, como sendo um excelente marcador, desde que transite no trato digestivo a uma mesma taxa que a parede celular. Destacaram-na como eficiente na determinação de consumo e digestibilidade de animais em pastejo.

A lignina é formada pela redução e condensação dos ácidos hidroxicinâmicos (ácido p-coumárico e ferúlico), que possuem uma importante função e estão ligados aos polissacarídeos da parede celular. A lignina representa o principal composto fenólico na parede secundária, e estão intimamente ligados à matriz dos polissacarídeos.

Os fenilpropanóides limitam a degradação da parede celular de forragens em herbívoros, mas ao mesmo tempo, sofrem transformações no trato digestivo animal. Os monômeros aromáticos são degradados sob condições anaeróbicas, e no rúmen sofrem ação de bactérias que os degradam através de diversos mecanismos. Alguns fungos e bactérias ainda são capazes de quebrar e possivelmente metabolizar os ácidos hidroxicinâmicos esterificados presentes na parede celular (Besle et al., 1995).

O primeiro passo na degradação desses ácidos é a redução a compostos não tóxicos. A degradação completa dos ácidos monoaromáticos é difícil de ser mensurada in vivo, pois a população de organismos capazes de metabolizá-los é pequena, e o tempo de retenção do substrato no rúmen também é reduzido.

A lignina é parcialmente solubilizada durante a degradação da parede celular, e pode sofrer outras transformações como através da demetilação e dehidroxilação (Porter, 1965; Bondi & Meyer, 1948).

No rúmen a lignina pode sofrer algumas transformações, como pela ação de fungos e bactérias, que metabolizam uma pequena parte da lignina, tendo sido relatado apenas após muitos dias sobre condições anaeróbicas, demonstrando que no rúmen a lignina é muito pouco metabolizada.

No ruminante a digestibilidade aparente da lignina é assunto em debate. Nas diversas publicações sobre o assunto os valores citados das perdas variam de -0,46 a +0,64. As maiores causas de variação são os métodos de análise da lignina, ou as transformações que ela pode sofrer no trato digestivo, ou ambos (Fahey et al., 1979; Bondi & Meyer, 1943).

Os métodos de análise devem ter capacidade de eliminar substâncias interferentes (especialmente nitrogênio), que nas fezes podem apresentar maior teor que na dieta, ou podem ligar-se de maneiras distintas na lignina; quebrar complexos macromoleculares na estrutura da lignina e modificar reações químicas, como solubilidade (Van Soest, 1982).

Nas plantas, a solubilidade parcial das unidades de siringil em ácido sulfúrico podem levar a uma subestimação da lignina no método klason (Fahey et al., 1979). No trato digestivo total, a possível quebra dos compostos aromáticos pelos microrganismos fecais não são analisados pelo método de klason, que pode implicar em uma subestimação da quantidade de lignina. Esses fenômenos se tornam mais pronunciados quando espécies e variedades de plantas são comparadas (Muntiferring et al., 1981).

Dentro do método adotado há ainda variações na digestibilidade aparente da lignina em decorrência da origem da planta; maturidade da planta e tratamento químico adotado no material.

De acordo com Gordon et al. (1973), orchardgrass tem menor digestibilidade que bromegrass (+0,18 e +0,26, respectivamente) no método de klason.

No método klason, plantas mais jovens apresentam maiores digestibilidades de lignina que plantas mais maduras, devido à maior condensação e menor quantidade de unidades de siringil, que apresentam

baixa digestibilidade (Gordon, 1977). A lignificação é mais lenta em plantas mais jovens.

O tratamento químico, como hidróxido de sódio, também pode aumentar a digestibilidade da lignina, de acordo com MacAnally (1942) citado por Besle et al. (1995). O tratamento com amônia em palha de trigo reduziu as unidades de siringil da lignina encontrada nas fezes não havendo qualquer mudança estrutural na lignina sem tratamento com amônia.

Alguns problemas básicos tem sido relatados na literatura a respeito da acurácia do marcador. Alguns métodos utilizados para a determinação de lignina, como os com permanganato ou acetil brometo não são indicados para essa finalidade. Os mais comumente utilizados são os métodos de Ellis et al. (1946) e Van Soest (1963), sendo o último considerado por Porter & Singleton (1971); Jung et al. (1983), como o melhor método para determinação de lignina como marcador. Outro ponto importante é o fato da lignina apresentar um fluxo no trato digestivo irregular, sendo excretado no entanto, mais regularmente que marcadores externos como o óxido de cromo (Elam & Davis, 1961).

Kane et al. (1950) relataram recuperação da lignina similares ao óxido de cromo, discordando de Muntiferring (1982) que observou que a recuperação da lignina no abomaso e fezes dependem da metodologia aplicada. A lignina através do método de klason é recuperada adequadamente apenas no intestino, as variações de solubilidade da lignina observadas ao longo do trato digestivo (rúmen, abomaso e intestino) limitam a acurácia desse marcador.

Apesar dos valores absolutos não serem precisos, as informações a respeito de cinética ruminal tem sido provadas com a utilização de lignina como marcador. A lignina pode demonstrar seu grande potencial como marcador desde que respeitado seus limites (Besle et al., 1995), garantindo métodos de coleta e de análises adequados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Animais e instalações experimentais

Foram utilizadas cinco vacas holandesas, com média de 180 dias em lactação, em um delineamento experimental do tipo quadrado latino 5 X 5. O experimento foi conduzido nas instalações do centro de produção intensiva de bovinos do Departamento de Produção Animal da ESALQ-USP, durante o período de Junho a Outubro de 1999. Os animais foram alojados em baias individuais cobertas, do tipo "tie stall", providas de bebedouros automáticos e cochos individuais para a alimentação.

Os animais foram utilizados no experimento após período prévio de adaptação às instalações e à cirurgia de implantação de cânulas no rúmen e duodeno proximal.

3.2 Tratamentos

As dietas formuladas apresentavam variações quanto à forma de processamento do milho, fonte de proteína e nível de fornecimento do concentrado. Foi utilizada uma dieta à base de silagem de milho e as demais à base de capim elefante como volumoso. Os tratamentos foram compostos da seguinte forma:

- Silagem de milho, milho moído fino (1,18 mm) em nível alto e farelo de soja;
- Capim elefante, milho moído fino (1,18 mm) em nível alto e farelo de soja,
- Capim elefante, milho moído fino (1,18 mm) em nível baixo e farelo de soja,
- Capim elefante, milho floculado (360 g.L⁻¹) em nível alto e farelo de soja,
- Capim elefante, milho floculado (360 g.L⁻¹) em nível alto e farinha de peixe.

A proporção dos componentes da dieta, bem como a sua composição química e bromatológica analisada, são demonstradas na tabela 1.

Tabela 1. Composição químico-bromatológica das dietas com base na MS.

Composição	Dietas				
	Silagem Milho		Capim Elefante		
	Milho Moído	Milho Moído	Milho Moído	Milho Floculado	
	Farelo Soja	A – FS	B – FS	Farelo Soja	Farinha Peixe
Volumoso, %	66,9	67,2	73,1	64,8	68,3
Concentrado, %	33,1	32,8	26,9	35,2	31,7
PB, %	15,4	14,2	13,1	14,6	13,8
NS.NT ⁻¹ , % ¹	57,2	45,1	45,1	45,1	45,1
Amido, %	29,4	15,3	9,2	17,9	18,7
FDN, %	32,8	51,8	55,0	49,9	52,3
FDN:ADR	1,04	3,30	6,49	2,31	2,68
FDA, %	16,9	29,6	32,0	28,6	29,5
Lig, %	1,84	3,50	3,82	3,37	3,54

¹ NS.NT⁻¹, % : relação N solúvel e N total referente aos volumosos das dietas.

As dietas experimentais foram calculadas com base no NRC (1989).

A proporção de volumoso e concentrado consumida em cada dieta experimental foi diferente da proporção proposta no início do trabalho, tendo havido um maior consumo de volumoso pelos animais em todos os tratamentos. Esta diferença ocorreu devido ao fato dos concentrados serem oferecidos de acordo com o nível de produção dos animais, que foram bem inferiores ao esperado. Inicialmente foi proposta uma relação de 1 kg de concentrado para cada 3 kg de leite produzido para os tratamentos com alto nível de concentrado, e 1 kg de concentrado para cada 4,5 kg de leite para o tratamento com nível baixo de concentrado. No entanto, devido à baixa produção dos animais, foi necessário adotar uma política de fornecimento de concentrado que garantisse que as produções de leite não fossem reduzidas drasticamente devido às dietas. Desse modo, padronizou-se que todos os animais estivessem produzindo 20 litros de leite.dia⁻¹, o que garantia um fornecimento de 6,7 kg de concentrado/dia para as dietas de alto nível de concentrado, e 4,45 kg de concentrado para a dieta de baixo nível de concentrado.

Os teores de PB e amido das dietas foram menores que os calculados tendo somente o tratamento com silagem de milho se aproximado do teor esperado. A redução no teor de PB e amido das demais dietas provavelmente ocorreu devido ao maior consumo de capim elefante, que possui valores baixos de PB e de amido na sua MS.

Para a dieta que continha silagem de milho, o nível de FDN analisado foi superior ao calculado e está de acordo com as exigências de vacas de leite que o NRC (1988) recomenda. O FDA apresentou valor um pouco inferior ao mínimo recomendado pelo NRC, que é de 19%. Os valores de FDN e FDA para os demais tratamentos foram muito superiores aos valores calculados, devido ao estágio fisiológico do capim elefante.

Os concentrados foram misturados previamente em cada subperíodo, em um misturador horizontal (marca Lucato, com capacidade de 500 Kg). No momento do fornecimento das dietas, os volumosos e os concentrados foram

pesados nas suas respectivas proporções e fornecidos para cada animal individualmente, apresentando-se na forma de ração completa apenas a dieta do animal que estivesse recebendo o tratamento 1. Para os demais tratamentos, o concentrado era distribuído sobre o volumoso, sem haver mistura, de modo que fosse simulado uma situação de suplementação à pasto. O capim elefante era cortado no momento de cada alimentação, manualmente com a utilização de uma ferramenta do tipo podão, à altura de 60 cm acima do solo, e imediatamente picado em uma picadora estacionária, apresentando tamanho de partículas médio de acordo com o demonstrado na tabela 2. A grande variação observada no tamanho médio de partículas da forragem durante os períodos experimentais foi resultante de desgaste na afiação do conjunto de facas do equipamento, evidenciando o momento exato da afiação, conforme apresentado na tabela 2.

A alimentação era fornecida duas vezes ao dia (6:30 e 18:30 horas), com consumo de volumoso à vontade, permitindo sobras ao redor de 10%, que foram registradas diariamente. O consumo de concentrado era regulado pela produção de leite e pelo tipo de tratamento que o animal estivesse recebendo, alto nível ou baixo nível de concentrado na dieta.

Tabela 2. Tamanho médio de partículas do capim elefante nos períodos.

	Peneira 1	Peneira 2	Peneira 3
	>1,9 cm	>0,8 cm	Fundo
Período	% de material retido nas peneiras		
1	66,7	25,0	8,3
2	25,0	37,5	37,5
3	30,9	32,4	36,6
4	41,2	41,2	17,6
5	50,0	35,7	14,3
Média	42,8	34,4	22,9

Para caracterizar o capim elefante que estava sendo fornecido aos animais, foram coletadas amostras da forragem durante o período experimental, que foram separadas em 2 estratos, até 60 cm do solo, e superior a 60 cm do solo.

As amostras coletadas ainda foram classificadas quanto à altura média em relação ao ponto de inflexão do limbo foliar, e a relação haste/folha.

3.3 Período experimental

O período experimental teve duração de 75 dias, tendo ocorrido anteriormente um período de adaptação dos animais às instalações e à cirurgia. O período foi subdividido em cinco subperíodos de 15 dias, sendo destinado os sete primeiros dias dos subperíodos para a adaptação dos animais às novas dietas; os quatro dias subsequentes para colocação de saquinhos de nylon no rúmen dos animais para ensaio de digestibilidade "in situ"; e os quatro últimos dias para as coletas.

3.3.1 Coletas de dados referentes ao consumo de matéria seca e matéria orgânica

O consumo de matéria seca (MS) por animal.dia⁻¹ durante os subperíodos experimentais foram obtidos através de cálculos da quantidade de alimento fornecido, já que as sobras eram colocadas diretamente no rúmen de cada animal, para evitar que houvesse seleção do material consumido. Desse modo, nos períodos de coleta o alimento era fornecido em quantidades que permitissem um mínimo de sobras. Amostras dos alimentos fornecidos foram coletadas diariamente e compostas separadamente em volumosos e concentrados de acordo com cada subperíodo experimental.

Após as coletas, as amostras eram congeladas a -10°C , visando a sua conservação, para posterior secagem em estufa com ventilação forçada (55° a 60°C) por 72 horas, para a determinação de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e proteína bruta (PB) de acordo com A.O.A.C. (1990); fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de acordo com Undersander & Mertens (1993); nitrogênio solúvel (N solúvel) de acordo com Krishnamoorthy et al. (1982); Lignina de acordo com Goering e Van Soest (1970); amido e taxa de hidrólise do amido de acordo com Poore (1989).

3.3.2 Avaliação da produção e composição do leite

As vacas eram ordenhadas duas vezes ao dia (6:30 e 18:00 h) através do sistema de balde ao pé, e a produção de leite registrada diariamente. Amostras de leite foram coletadas do décimo primeiro ao décimo quinto dia de cada subperíodo, e compostas por animal por período. As amostras foram preservadas com 2-bromo-2-nitropropano-1-3-diol, refrigeradas e analisadas posteriormente no Laboratório de Análises de Leite do Departamento de Produção Animal da USP/ESALQ, para determinação de proteína, gordura, lactose e sólidos totais.

3.3.3 Uso de marcador para cálculo de digestibilidade aparente dos nutrientes

No presente trabalho optou-se pela utilização de marcador interno de digestibilidade, já que diversos trabalhos realizados no Departamento de Produção Animal da USP/ESALQ não apresentaram resultados consistentes com a utilização de cromo como marcador externo de digestibilidade.

Inicialmente o objetivo foi o de explorar a incubação dos ingredientes do conteúdo duodenal e fezes durante 144 horas no rúmen para a obtenção de resíduo indigestível, que foi submetido sequencialmente às determinações de FDN, FDA e lignina, que seriam utilizados como marcadores de indigestibilidade, conforme proposto por Lippke et al. (1986) e Berchielli et al. (1996). No entanto, este ensaio “in situ” de marcador de indigestibilidade não apresentou resultados consistentes para a estimativa de digestibilidade aparente dos nutrientes, ocorrendo muitos valores erráticos. Buscou-se também avaliar esses resíduos indigestíveis através da técnica de digestibilidade “in vitro”, de acordo com metodologia de Tilley & Terry (1963), não havendo também resultados satisfatórios.

Desse modo, foi adotado o teor de lignina dos alimentos como marcador de indigestibilidade, tendo este apresentado resultados mais satisfatórios, possibilitando cálculos de digestibilidade aparente na porção ruminal e no trato total.

A lignina é tradicionalmente observada na literatura como marcador interno sujeito à grandes variações e baixa recuperação (Fahey & Jung, 1983). Contudo, o uso desse método de forma criteriosa pode auxiliar na estimativa de indigestibilidade (Besle et al., 1995).

3.3.4 Coleta de conteúdo duodenal para determinação da digestibilidade aparente no rúmen

A digestibilidade aparente no rúmen e intestinos foi determinada através da utilização de Lignina como marcador interno de indigestibilidade.

As amostras do conteúdo duodenal para determinação de digestibilidade foram coletadas a cada 4 horas, com tempo inicial avançado de 1h, nos quatro dias de coleta de cada subperíodo, de modo que representasse as 24 horas do dia. Foram coletados 500ml de conteúdo duodenal a cada horário, de modo que

fossem desprezados os primeiros jatos de conteúdo que pudessem apresentar acúmulo de material sólido presos à cânula duodenal. As amostras foram compostas por animal e por período, e congeladas a -10°C , visando a sua conservação. As amostras foram posteriormente secas em estufa com ventilação forçada (55°C), por 72 horas e moídas em moinhos do tipo Wiley providos de peneiras de 1mm. As análises realizadas nessas amostras foram MS, MO e PB de acordo com A. O. A. C (1990), FDN e FDA de acordo com Undersander & Mertens (1993), lignina de acordo com Goering e Van Soest (1970), e amido de acordo com Poore (1989)

Para determinação de fluxo de proteína microbiana, amostras de conteúdo duodenal foram coletadas apenas no último dia de coleta em intervalos de quatro horas e compostas por animal/período. Ao final de cada subperíodo estas amostras eram batidas em liquidificador por 30 segundos e posteriormente coadas em panos de fraldas e congelados para análise posterior de bactérias.

A digestibilidade aparente ruminal (DR) dos nutrientes da dieta foram calculados através da concentração dos nutrientes e do marcador interno de indigestibilidade no alimento consumido e no conteúdo duodenal. Para tanto foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{DR (\%)} = 100 - \left(100 \times \frac{\% \text{ lignina no alimento} \times \% \text{ do nutriente no duodeno}}{\% \text{ lignina no duodeno} \times \% \text{ do nutriente no alimento}} \right)$$

3.3.5 Coleta de fezes para determinação da digestibilidade aparente no trato digestivo total

As amostras de fezes foram coletas nos quatro últimos dias de cada subperíodo experimental, com intervalo de quatro horas durante as coletas,

avançando 1h por dia, de modo que fosse obtido amostras nas 24 horas do dia. As fezes foram coletadas diretamente no reto do animal, sendo compostas por animal e por período, e congeladas a -10°C até posterior secagem em estufa com ventilação forçada (55 a 60°C) por 72 horas. As amostras foram moídas em moinhos do tipo Wiley providos de peneiras de 1 mm, para subseqüentes análises bromatológicas. As análises realizadas foram semelhantes às realizadas nas amostras de duodeno.

A digestibilidade aparente no trato total (DTT) dos nutrientes da dieta foram calculados através da utilização de lignina como marcador interno de indigestibilidade, através da aplicação da fórmula:

$$\text{DTT}(\%) = 100 - \left(100 \times \frac{\% \text{ lignina no alimento}}{\% \text{ lignina nas fezes}} \times \frac{\% \text{ do nutriente nas fezes}}{\% \text{ do nutriente no alimento}} \right)$$

3.3.6 Coleta de conteúdo ruminal para determinação do pH, ácidos graxos voláteis e nitrogênio amoniacal

As amostras de conteúdo ruminal foram coletadas do décimo primeiro ao décimo quinto dia de cada subperíodo, com intervalos de quatro horas, adiantando uma hora/ dia. Os tempos de coleta foram sobrepostos e são representados pelos tempos zero, antes do fornecimento das dietas pela manhã, e 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 e 22 horas após o fornecimento das dietas.

As amostras de conteúdo ruminal foram coletadas de quatro pontos distintos do rúmen, após prévia homogeneização do conteúdo no interior do rúmen, filtradas em quatro camadas de tecido de algodão (pano de fralda), obtendo-se dessa forma, aproximadamente 200 ml de fluído ruminal filtrado, na qual era determinado imediatamente o pH das amostras, através de leitura direta em potenciômetro digital (Digimed TE-902).

Após a determinação do pH, foram retiradas duas alíquotas de 30ml do fluído ruminal, que foram congeladas a -10°C , para posterior determinação de nitrogênio amoniacal (N-NH_3), e ácidos graxos voláteis (AGV). Após o descongelamento, as amostras foram centrifugadas a 12.000 g a 4°C , durante 20 minutos, sendo uma fração do sobrenadante utilizada para a determinação de N-NH_3 , de acordo com o método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962) e adaptado para ser utilizado em placas de microtítulo e posterior leitura em aparelho do tipo Elisa Reader (absorbância de 550 nanômetros).

Outra fração do sobrenadante foi utilizada para a determinação de AGV's de acordo com Palmquist e Conrad (1971), utilizando cromatógrafo líquido gasoso, CLG (Hewlett Packard 5890, Series II), equipado com HP Integrator (Hewlett Packard Company, Avondale, PA). O padrão interno utilizado foi ácido 2- etilbutírico e o nitrogênio foi o gás de arraste. A temperatura do injetor, detector e coluna, foram 150, 190 e 115°C , respectivamente.

3.4 Degradabilidade “in situ”

Para determinação da degradabilidade ruminal de matéria seca, amido, FDN e FDA, foram incubadas amostras de alimentos no rúmen dos animais. Os volumosos foram moídos a 5 mm, enquanto que o milho moído e o milho floculado foram moídos em peneiras de 2mm. Amostras desses materiais foram pesados (ao redor de 6 gramas) e colocados em sacos de nylon de 10x20 cm com porosidade de 45 μm , previamente pesados. Os sacos foram agrupados, presos em uma argola com ganchos de metal, e esta presa a uma corda de náilon de 50 cm em média de modo a evitar que os saquinhos passassem do rúmen para outros compartimentos. Os sacos foram colocados submersos no rúmen de todas as vacas de acordo com a dieta que estavam recebendo (silagem de milho + MM; capim elefante + MM; capim elefante +MF). Os

horários utilizados para os volumosos foram : 0, 12, 24, 48 e 96 horas. Para os grãos os horários foram: 0, 6, 12, 24 e 48 horas. Os saquinhos foram colocados no rúmen de maneira reversa, e retirados todos na mesma hora, visando reduzir os possíveis erros no momento da lavagem. Retirados do rúmen, os saquinhos foram lavados imediatamente em água corrente até que esta se apresentasse limpa. Os sacos referentes ao tempo 0 foram lavados junto com os demais. Os saquinhos foram levados para secagem em estufa de ventilação forçada (55 a 60^o C) por 48 horas, e pesados para determinação de MS e MO do resíduo. Amostras do resíduo foram analisadas para determinação de amido pelo método de Poore (1989), e FDN e FDA pelo método de Undersander & Mertens, (1993).

Os dados das amostras incubadas foram processados utilizando o programa “fit curve” desenvolvido pela Rowett Research Institute, Aberdeen, Escócia. O programa fornece os parâmetros do modelo de degradabilidade ruminal de Orskov & McDonald (1979), entre outras informações. A degradabilidade potencial “in situ” da matéria seca, FDN e FDA foram calculadas de acordo com a equação:

$$Dg = a + b (1 - e^{-ct})$$

Sendo:

Dg = degradabilidade estimada;

a = interseção da curva no tempo 0, podendo ser interpretada como a fração rapidamente solúvel;

b = fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável;

c = taxa de degradação da fração b por hora;

e = logaritmo natural de -ct;

a + b = potencial de degradabilidade;

A degradabilidade efetiva foi calculada pela equação de Orskov & McDonald (1979):

$$DE = a + (b \times c^{-c+kp})$$

Onde: kp é a taxa de passagem

Para cálculo da degradabilidade efetiva, deve-se considerar a taxa de passagem de alimentos pelo rúmen. Recomenda-se o valor de $2\%.h^{-1}$ para animais recebendo ração completamente moída e/ou em baixo nível alimentar (uma vez a manutenção), $5\%.h^{-1}$ para vacas leiteiras de baixa produção (menos que 15 kg de leite por dia) ou gado de corte recebendo alto nível de dietas mistas (menos que 2 vezes a manutenção) e $8\%.h^{-1}$ para vacas leiteiras de alta produção (mais que 15 kg de leite por dia) recebendo dietas mistas (mais que 2 vezes a manutenção) (AFRC, 1992).

Adotou-se o valor de $kp=5\%.h^{-1}$ como valor padrão para a estimativa de degradabilidade efetiva.

3.5 Análise estatística

O experimento foi conduzido em um delineamento tipo quadrado latino 5 x 5 (cinco períodos x cinco animais). Foram estabelecidos contrastes com o objetivo de comparar os fatores: tipo de processamento físico dos grãos de milho (moído e floculado); nível de inclusão de ingredientes concentrados na dieta (alto e baixo), e fonte de proteína suplementar (farelo de soja e farinha de peixe).

Para análise da variância e comparação de médias foi utilizado o procedimento GLM do programa SAS (1991). As médias foram obtidas através de quadrados mínimos, com a utilização do comando LSMEANS do programa SAS (1991). O quadro da análise da variância proposto é apresentado na tabela 3.

Tabela 3. Esquema da análise da variância para o ensaio de consumo e digestibilidade.

Causa de variação	Graus de liberdade
Animal	4
Período	4
Tratamento	4
Resíduo	12
Total	24

As análises estatísticas referentes às digestibilidades dos nutrientes foram realizadas em um universo amostral de 20 amostras, devido ao fato de alguns valores erráticos terem sido descartados.

As variáveis pH, AGV's e N-NH₃ foram analisadas estatisticamente como parcelas subdivididas repetidas no tempo. Os efeitos de tratamento, animal e período foram testados com relação às parcelas. A interação horário de coleta x tratamentos, foi testada com relação às subparcelas, através do procedimento proc mixed do GLM do programa estatístico SAS. O quadro de análise de variância é mostrado na tabela 4.

As diferenças entre os tratamentos, para as diversas variáveis avaliadas, foram verificadas pelo teste Tukey, considerando 5% ($P < 0,05$) como nível de significância e até 20% como tendência ($P < 0,20$).

As tendências de desempenho temporal das variáveis analisadas foram apresentadas na forma de resolução gráfica.

Os valores de a, b e c, assim como das estimativas de degradabilidade efetiva e fração potencialmente degradável, obtidas no ensaio "in situ", foram submetidas ao delineamento estatístico tipo quadrado latino (5 x 5), conforme descrito para as variáveis de desempenho dos animais e digestibilidade de nutrientes, apresentados na tabela 3.

Tabela 4. Esquema da análise da variância para pH, AGV's e N-NH₃.

Causa de variação	Graus de liberdade
Animal	4
Período	4
Tratamento	4
Resíduo A	12
Parcelas	24
Horário	11
Tratamento	11
Resíduo B	253
Sub-parcelas	299

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição química e bromatológica dos estratos de capim elefante

Os valores dos nutrientes analisados em relação à composição química e bromatológica dos estratos de capim elefante estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Composição química e bromatológica dos estratos de capim elefante.

	Haste	Folha	M. Morto	Haste	Folha	M. Morto
	Estrato até 60 cm do solo			Estrato superior a 60 cm do solo		
MS, %	22,8	21,5	78,5	19,8	24,1	64,9
MM, %	6,45	10,33	9,92	7,30	11,68	10,38
PB, %	2,59	6,94	3,03	3,60	10,18	2,85
FDN, %	73,31	67,65	79,52	71,45	65,03	77,58
FDA, %	46,95	34,33	46,98	42,66	32,61	45,84
Lig, %	6,56	4,53	7,33	4,49	3,59	7,14

O teor de PB das folhas presentes no estrato superior a 60 cm do solo, que foi a porção oferecida aos animais, apresentou-se elevado em comparação a dados experimentais de Balsalobre (1996), que obteve teor de 8,73% de PB nas folhas. O teor de PB das hastes, no entanto, foi um pouco inferior ao valor obtido pelo mesmo autor (3,94%).

Os valores de FDN e FDA nas folhas foram inferiores aos valores encontrados para as hastes e material morto, e estão próximos aos valores

obtidos por Balsalobre (1996). Os valores de FDN e lignina das hastes e material morto são muito elevados, representando a baixa qualidade desses materiais, devido a uma idade fisiológica mais avançada. Os valores de FDA dessas frações estão de acordo com dados obtidos por Balsalobre (1996).

Para os estratos superiores a 60 cm, os valores de material mineral das folhas e material morto apresentam-se elevados em relação a haste, mas são inferiores à média obtida por Prospero (1972) e Hillesheim (1987), que é de 12,27% da MS. Segundo Balsalobre (1996), à medida que a idade fisiológica da planta avança, os teores de minerais decrescem. Desse modo, pode-se inferir que as hastes já apresentavam idade fisiológica avançada.

Os estratos de capim elefante foram caracterizados quanto à altura média em relação ao ponto de inflexão do limbo foliar, proporção dos estratos na planta toda e a relação haste:folha da planta, que estão apresentados na tabela 6.

Tabela 6. Caracterização do capim elefante fornecido aos animais durante o período experimental

	Altura	Estrato de 0 a 60 cm			Estrato Superior a 60 cm			Relação
		% na MS da planta toda			% na MS da planta toda			
Período	(m)	Haste	Folha	M.Morto	Haste	Folha	M.Morto	H:F
1	2,68	81,57	-	18,42	52,71	42,28	5,0	1,24
2	1,63	90,29	1,31	8,38	56,17	28,29	15,53	1,98
3	1,48	83,64	3,94	12,40	48,25	37,70	14,04	1,27
4	1,32	88,28	2,02	9,68	62,72	25,93	11,33	2,41
5	1,48	86,14	4,91	8,93	51,79	38,08	10,11	1,36
Média	1,71	85,98	3,04	11,56	54,32	34,45	11,20	1,65

Altura (m): altura média da planta em relação ao ponto de inflexão do limbo foliar; H:F: relação haste: folha do estrato superior a 60 cm do solo.

A altura média da forragem no primeiro período experimental foi maior que nos demais períodos. Este fato pode ser explicado pelo maior tempo que

esta área ficou sem pastejo, já que desde o final do verão ela ficou reservada para ser utilizada no experimento, que teve início apenas no início de julho de 1999. O crescimento das forragens em geral, neste período que foi conduzido o experimento é mais lento. Apesar da elevada altura, havia uma grande quantidade de folhas no material que permitiu uma relação haste:folha menor. No período 4, a relação haste:folha foi maior que nos demais períodos, pois apesar da altura média ser semelhante aos demais períodos, havia uma baixa quantidade de folhas no material, além de porções de haste e material morto de baixa qualidade, representado pelo elevado teor de MS.

4.2 Tamanho de partículas do milho moído

Para determinação do tamanho médio de partículas do milho moído foi utilizada a técnica de peneiras descrita por Yu et al. (1998), onde o material foi colocado sobre o conjunto de peneiras, na peneira de maior orifício. O conjunto de peneiras foi agitado durante 5 minutos em um agitador automático, separando dessa maneira os tamanhos de partículas. Os tamanhos de partícula médios estão apresentados na tabela 7.

Tabela 7. Tamanho médio de partículas do milho moído.

	Tamanho dos furos da peneira (mm)						TMP
	2,0	1,0	0,84	0,50	0,25	Bandeja	
Grão	% retido na peneira						
MM	8,0	36,2	12,9	19,9	14,6	8,4	1,18

Bandeja: porcentagem de partículas retidas na bandeja inferior.

TMP: tamanho médio de partículas. Foi calculada assumindo-se que as partículas de milho retidas na peneira de 2,0 mm tem tamanho médio de 4 mm, o qual foi multiplicado pela porcentagem retida na peneira 2,0 mm. Este valor foi somado ao resultado das médias entre as peneiras maiores e menores, e multiplicado pelo percentual retido na peneira menor (Ex: $2\text{ mm} + 1\text{ mm} \div 2 = 1,5$, que multiplicado por $0,362 = 0,543$ e assim sucessivamente). As partículas que passaram pelo orifício de 0,25 mm foram consideradas como tendo 0,12 mm.

4.3 Milho moído e milho floculado

Os teores de amido observados no milho floculado e milho moído foram 76,49% e 69,92% respectivamente. O valor de amido do milho floculado foi superior à média de 72% citada por Huntington (1997) e Joy et al. (1997), enquanto que a média do milho moído foi inferior. Essas diferenças podem ser explicadas pelo fato dos milhos utilizados terem procedências diferentes, já que o milho floculado foi oriundo de uma empresa envolvida na área de nutrição, enquanto o milho moído foi processado no Departamento de Produção Animal da USP/ESALQ. Desse modo, a procedência provavelmente deverá traduzir efeitos tais como: genótipo do híbrido, práticas de manejo adotadas na condução da cultura, processamento na colheita e pós-colheita, entre outros.

4.4 Taxa de hidrólise enzimática do amido

A extensão total da hidrólise do amido, durante o período de 4 horas de incubação, para o milho floculado foi de 95,34% e para o milho moído de 74,31%. A maior taxa de hidrólise para o milho floculado em relação ao milho moído está de acordo com citações de literatura (Santos et al., 1999; Yu et al., 1998). No entanto, os valores de hidrólise tanto do milho moído quanto do milho floculado foram superiores aos relatados por Menezes Junior (1999) como sendo de 37% e 83%. Santos et al. (1999) em hidrólise enzimática de amido por 30 minutos, encontraram valores de 74% para milho floculado e 54% para milho laminado, enquanto Yu et al. (1998) relataram hidrólise de 33,8% para milho moído e 57,3% para milho floculado. Plascencia & Zinn (1996) trabalhando com milho floculado com diferentes densidades encontraram valores inferiores aos observados. Santos et al. (1996) especulam que as diferenças nas taxas de hidrólise do amido podem ser em decorrência do tipo de enzima glucolítica utilizada na análise.

Figura 1. Taxa de hidrólise em incubação com amiloglucosidase da fração amido em grãos de milho moído (MM) com tamanho de partículas médio de 1,18 mm e grãos de milho floculados (MF 360 g.L⁻¹).

4.5 Consumo, produção e composição do leite

Os dados de consumo de matéria seca, produção, composição do leite e eficiência alimentar estão apresentados na tabela 8. As médias dos parâmetros foram obtidas através de quadrados mínimos.

Tabela 8. Efeito das dietas experimentais sobre o consumo de matéria seca, produção e composição do leite.

Parâmetros	SM	Capim Elefante				EPM	Contrastes		
	MM	Milho Moído	Milho Floculado		P<		Proc	Prot	Conc
	FS	A-FS	B-FS	FS					
CMS, kg.dia ⁻¹	19,7 ^a	17,7 ^{ab}	15,5 ^b	16,6 ^{ab}	17,0 ^{ab}	1,16	0,50	0,81	0,21
PL, kg.dia ⁻¹	15,6 ^a	12,6 ^{ab}	10,7 ^b	14,2 ^{ab}	13,1 ^{ab}	1,65	0,51	0,65	0,43
3,5%, PLCG	15,7	12,8	11,1	13,8	12,6	1,64	0,65	0,61	0,47
EA	0,78	0,71	0,75	0,86	0,77	0,09	0,32	0,56	0,80
Composição do Leite									
Proteína, %	3,35	3,17	3,17	3,15	3,22	0,10	0,87	0,64	0,96
Proteína, kg	0,52 ^a	0,40 ^{ab}	0,34 ^b	0,45 ^{ab}	0,42 ^{ab}	0,04	0,48	0,75	0,36
PB leite.ing ⁻¹ , kg ¹	0,169	0,152	0,171	0,184	0,177	0,016	0,20	0,77	0,43
Gordura, %	3,55 ^{ab}	3,60 ^{ab}	3,76 ^a	3,33 ^b	3,28 ^b	0,13	0,20	0,80	0,43
Gordura, kg	0,55	0,45	0,40	0,47	0,43	0,05	0,78	0,58	0,52

¹ PB no leite. PB ingerida⁻¹, kg.

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas diferem entre si a 5% de significância.

Esses dados foram calculados baseados nos dias de coleta dos períodos experimentais, de modo a obter-se valores correspondentes às dietas que os animais estavam submetidos a cada período, anulando possíveis efeitos residuais das dietas anteriormente fornecidas.

O consumo de matéria seca das dietas durante o período experimental foi maior para a dieta que continha silagem de milho, e semelhante entre as dietas contendo capim elefante.

Não houve diferença de consumo de matéria seca para as dietas que apresentavam diferentes formas de processamento de milho ($P>0,05$). Esses dados estão de acordo com trabalho de Santos et al. (1999) comparando milho floculado, sorgo floculado e milho laminado. Yu et al. (1998) também não encontraram diferenças de consumo para as dietas com milho floculado e milho laminado.

No trabalho de Menezes Júnior (1999) houve tendência de aumento de consumo para a dieta que continha milho moído em relação ao milho floculado, estando de acordo com citação de Aldrich et al. (1993), onde o maior consumo foi para o tratamento onde a fonte de amido estava na forma de milho grão seco, em comparação a uma fonte de milho grão de alta umidade. Yu et al.

(1997), observaram que houve um aumento de 5% no consumo de vacas alimentadas com milho laminado à vapor (428 g.L^{-1}) em relação ao milho floculado (360 g.L^{-1}). Chen et al. (1994) e Oliveira et al. (1995) não encontraram efeitos significativos no consumo de matéria seca ou de matéria orgânica de dietas contendo sorgo floculado e sorgo laminado a seco. Yu et al. (1998) não observaram efeito da floculação do milho sobre o consumo de matéria seca.

Não houve efeito significativo da fonte de proteína da dieta (farelo de soja e farinha de peixe) sobre o consumo de matéria seca dos animais ($P>0,05$). Esses dados estão de acordo com revisão a de literatura publicada por Santos et al. (1998) comparando farelo de soja e farinha de peixe, onde não foram encontradas diferenças significativas de consumo de matéria seca para os tratamentos. Vários trabalhos, no entanto, apresentaram um consumo numericamente inferior para os tratamentos com farinha de peixe, como Mabeesh et al. (1996), que citam a provável redução no consumo em decorrência da menor palatabilidade de fontes de proteína de origem animal.

As dietas com diferentes níveis de concentrado (alto e baixo) também não apresentaram diferenças significativas ($P>0,05$), apesar do consumo de matéria seca da dieta com baixo nível de concentrado ter sido numericamente inferior ($2,2 \text{ kg.dia}^{-1}$). Miller et al. (1990) e Dado & Allen (1996) sugeriram que o consumo de matéria seca é afetado pela taxa de digestão, quantidade e digestibilidade de FDN nas dietas. O efeito da concentração de FDN sobre a ingestão de MS, segundo Okine et al. (1994) depende da condição fisiológica do animal, composição química do FDN, ligações com lignina, e comportamento ingestivo do animal.

De Visser et al. (1998) trabalhando com silagem de gramínea e avaliando o efeito da suplementação de 4 kg de milho floculado, observaram aumento de consumo significativo para a dieta suplementada. Friggens et al. (1998), trabalhando com dietas contendo alto e baixo nível de concentrado nas dietas, encontraram maiores consumos de matéria seca para as dietas com alto nível de concentrado. Vale ressaltar que o presente trabalho, apesar de trabalhar

com nível alto e baixo de concentrado, apresenta uma inclusão reduzida de concentrado na dieta, sendo o alto nível em média correspondente à 30% da matéria seca total da dieta.

O tratamento com silagem de milho foi o que apresentou maior produção de leite, diferindo estatisticamente apenas do tratamento com baixo nível de concentrado ($P < 0,05$) e com tendência de superioridade para o mesmo tratamento em relação à produção de leite corrigido para gordura. Esse aumento na produção de leite pode ser decorrente do maior consumo de matéria seca neste tratamento, além dos maiores níveis de proteína bruta e amido em relação ao tratamento com baixo nível de concentrado. A produção de leite corrigida para 3,5% de gordura não diferiu para os demais tratamentos ($P > 0,05$).

A comparação entre as médias de produção de leite e leite corrigido para gordura nas dietas com diferentes formas de processamento do milho (floculado e moído) não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$).

As dietas com diferentes fontes de proteína (farelo de soja e farinha de peixe) não apresentaram diferenças estatísticas significativas quanto à produção de leite. Santos et al. (1997) mencionam que de 32 trabalhos com farinha de peixe, apenas 8 apresentaram aumentos de produção. Guidi (1999) e Santos (1996; 1998) não observaram aumentos em produção de leite quando houve substituição do farelo de soja por fontes de proteína não degradável no rúmen.

Não foi observada diferença ($P > 0,05$) para produção de leite de vacas alimentadas com as dietas de nível alto e baixo de concentrado. Hoffman et al. (1993), trabalhando com níveis de concentrado de acordo com a qualidade do pasto, não encontraram diferenças significativas para produção de leite e leite corrigido para gordura. Friggens et al. (1998), no entanto observaram maiores produções de leite para a dieta com alto nível de concentrado. Reis (1998) observou um aumento na produção de leite e proteína do leite, e redução na

concentração de gordura no leite de acordo com o aumento do nível de concentrado na dieta (0; 5 e 10 kg por dia).

Em relação à composição do leite, não houve diferença estatística para a porcentagem de proteína e produção de gordura entre as dietas. No entanto, houve uma menor quantidade de proteína no leite das vacas alimentadas com a dieta de baixo nível de concentrado, diferindo da dieta com silagem de milho. Essa resposta se deve, provavelmente, a uma menor produção de proteína microbiana em decorrência da falta de energia para os microrganismos ruminais, estando de acordo com Friggens et al. (1998). Os efeitos de processamento do grão; fontes de proteína e nível de concentrado, não resultaram em diferenças significativas na produção diária de proteína no leite. Theurer et al. (1996) e Nussio (1997) observaram uma tendência de aumento da porcentagem de gordura no leite em dietas com grãos floculados em relação ao laminado a seco. Em revisão sumarizada por Santos et al. (1998) foi evidenciado que de 28 trabalhos com substituição de farelo de soja por farinha de peixe, 16 observaram redução na porcentagem de gordura do leite; e a porcentagem de proteína do leite não foi consistentemente afetada. Hongerholt & Muller (1998) citam aumento na quantidade de proteína do leite, sem alterar a porcentagem da mesma quando a dieta apresentava alto nível de PNDR.

Santos et al. (1999) citam aumentos na produção de leite e de proteína no leite em dietas com grãos floculados e fontes de PNDR, relacionando o aumento da proteína do leite à maior produção de proteína microbiana, e não à maior concentração de AGV total, ou maior proporção de propionato. Trabalhos com infusão de propionato ou acetato no duodeno (Aquino-Ramos, 1996), e infusão de glicose no rúmen (Wu et al., 1994) indicaram aumento de proteína no leite apenas para a infusão de glicose, concluindo que o aumento na produção de proteína microbiana está associado a uma maior quantidade de aminoácidos de alta qualidade que chegam à glândula mamária em dietas com maiores quantidades de amido degradável no rúmen.

A relação entre a quantidade de proteína no leite e a quantidade de proteína consumida na dieta não foi diferente entre as dietas ($P>0,05$). No entanto, houve tendência de efeito de processamento do milho ($P=0,20$), indicado melhor eficiência de retenção de N na dieta contendo milho floculado.

O tratamento com baixo nível de concentrado apresentou a maior porcentagem de gordura no leite, diferindo dos tratamentos com milho floculado ($P>0,05$). Estes foram similares, indicando o efeito da maximização da fermentação de amido ruminal, que geralmente reduz a digestibilidade de fibra no rúmen, diminuindo a produção de acetato, o precursor de gordura no leite. Além desse fator, a adição de farinha de peixe apresenta resposta positiva na redução da porcentagem de gordura no leite de vacas com produções de leite inferiores a 30 litros.dia⁻¹, sendo a porcentagem de proteína do leite não alterada (Santos, et al., 1997). Spain et al. (1995) observaram a mesma tendência de redução na porcentagem de gordura do leite à medida que era aumentada a inclusão de farinha de peixe na dieta. Jenny et al. (1975) relacionaram este fato à uma provável mudança no padrão de AGV total no rúmen e simultâneo aumento na concentração de glucose no plasma sanguíneo.

Houve uma tendência ($P=0,20$) de aumento na porcentagem de gordura do leite de vacas alimentadas com a dieta de milho moído em relação à dieta de milho floculado, demonstrando tendência de efeito de processamento do grão de milho, de acordo com Nussio (1997) e Theurer et al. (1996).

Não foram observadas diferenças significativas para o parâmetro eficiência de conversão alimentar ($P>0,05$), apesar do tratamento com milho floculado e farelo de soja ter sido numericamente superior aos demais. Nussio (1997) relata eficiência 8,8% maior para tratamentos com sorgo floculado em relação à sorgo laminado. Yu et al. (1998) também não observaram diferenças na conversão alimentar de tratamentos com milho floculado e milho moído. Theurer et al. (1996) em revisão de 24 trabalhos com dietas à base de grãos

laminados ou floculados citaram valores de eficiência de conversão alimentar média de 1,39 e 1,46, respectivamente.

4.6 Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes

São apresentados nas tabelas de resultados a estimativa de consumo de nutrientes e frações digestíveis expressos em kg. Deve-se ressaltar, que geralmente, as variações nessas médias foram explicadas principalmente pela variação no consumo de matéria seca das dietas.

4.6.1 Matéria seca e matéria orgânica

Os dados referentes ao consumo médio de matéria seca e matéria orgânica, bem como as estimativas de digestibilidade aparente dos nutrientes no trato total e ruminal estão apresentadas na tabela 9. As médias dos parâmetros foram obtidas através de quadrados mínimos.

As médias observadas para consumo de matéria seca das dietas são diferentes daquelas apresentadas na tabela 8. A falta de consistência de alguns valores de digestibilidade calculados em decorrência de valores de digestibilidade erráticos, levaram à desconsideração de alguns animais nos períodos, reduzindo desse modo o número de repetições de alguns tratamentos. A incapacidade de recuperação completa do marcador, foi geralmente a causa determinante do descarte de alguns valores insatisfatórios. Desse modo, o menor número de repetições utilizadas levou a uma alteração no consumo médio de matéria seca dos tratamentos. Esses valores foram considerados na discussão das digestibilidades de matéria seca e matéria orgânica dos tratamentos.

Tabela 9. Efeito das dietas experimentais sobre o consumo e digestibilidade aparente da matéria seca e matéria orgânica.

Parâmetros	SM	Capim Elefante				EPM	Contrastes		
	MM	Milho Moído		Milho Floculado			P<		
	FS	A-FS	B-FS	FS	FP		Proc	Prot	Conc
CMS, kg.dia ⁻¹	19,68 ^a	17,41 ^{ab}	14,94 ^b	16,40 ^{ab}	17,31 ^{ab}	1,44	0,67	0,67	0,30
DTTMS, %	73,93 ^a	60,59 ^b	62,14 ^b	65,30 ^b	65,21 ^b	2,10	0,18	0,97	0,64
DTTMS, kg	14,54 ^a	10,53 ^b	9,19 ^b	10,77 ^b	11,34 ^b	1,03	0,88	0,71	0,43
DRMS, %	55,04	42,79	44,64	45,70	43,28	5,47	0,74	0,76	0,83
DRMS, kg	10,83 ^a	7,42 ^{ab}	6,58 ^b	7,85 ^{ab}	7,46 ^{ab}	1,26	0,83	0,83	0,68
CMO, kg.dia ⁻¹	18,55 ^a	15,78 ^{ab}	13,38 ^b	14,90 ^{ab}	15,77 ^{ab}	1,32	0,68	0,66	0,27
DTTMO, %	75,50 ^a	62,22 ^b	63,45 ^b	67,08 ^b	66,81 ^b	2,09	0,16	0,93	0,71
DTTMO, kg	13,99 ^a	9,79 ^b	8,39 ^b	10,04 ^b	10,58 ^b	0,96	0,87	0,71	0,37
DRMO, %	51,56 ^a	39,74 ^a	41,94 ^a	42,13 ^a	39,65 ^b	5,19	0,85	0,83	0,68
DRMO, kg	9,14 ^a	6,25 ^{ab}	5,55 ^b	6,56 ^{ab}	6,24 ^b	1,04	0,77	0,75	0,79

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas diferem entre si a 5% de significância.

O tratamento com baixo nível de concentrado apresentou menores médias de consumo de MS e MO quando comparado com o tratamento com silagem de milho ($P<0,05$), não diferindo dos demais. Stensig & Robinson (1997) relataram aumento de consumo de MO de acordo com o aumento de concentrado na dieta. Reis (1998) trabalhando com níveis de inclusão de concentrado à base de milho (0; 5 e 10 kg.d⁻¹) em dietas de vacas leiteiras em pastejo, relatou aumento de consumo de MS e MO de acordo com o aumento do nível de inclusão de concentrado na dieta, e relacionou o consumo de MS da dieta sem inclusão de concentrado regulado pelo enchimento ruminal.

As digestibilidades da MS e MO no trato total e ruminal foram superiores para a dieta contendo silagem de milho contra as demais dietas ($P<0,05$). Houve tendência de diferença para efeito de processamento do grão de milho na porcentagem de digestibilidade no trato total da MS ($P=0,18$) e da MO

($P=0,16$), com maiores valores de digestibilidade para a dieta contendo milho floculado. Essa resposta está de acordo com Joy et al. (1997), que observaram tendência ($P<0,09$) de maior digestibilidade da MO no trato total para o milho floculado a 310g.L^{-1} em relação ao floculado a 390g.L^{-1} . Menezes Júnior (1999) observou aumentos significativos na digestibilidade da MS e MO devido ao processamento do milho, apesar de não ter alterado a quantidade digerida, provavelmente devido à tendência de menor consumo de MS com o milho floculado. Aldrich et al. (1993) relataram aumentos na digestibilidade da MO para tratamentos com fonte de amido de alta degradabilidade em relação a uma fonte de baixa degradabilidade ruminal. Santos et al. (1996; 1997; 1999) também encontraram resultados positivos de digestibilidade da MS e MO para tratamentos com milho ou sorgo floculado em relação à laminação.

A quantidade de MS aparentemente digerida na porção ruminal foi superior para a dieta contendo silagem de milho, diferindo da dieta com baixo nível de concentrado ($P<0,05$). A quantidade de MO aparentemente digerida no rúmen na dieta com silagem de milho foi diferente da dieta com baixo nível de concentrado e da dieta com farinha de peixe ($P<0,05$).

A digestibilidade da matéria orgânica da dieta no trato total com silagem de alfafa e baixo nível de concentrado apresentou tendência de superioridade em relação ao alto nível de concentrado (Stensig & Robinson, 1997). Reis (1998) observou aumento na digestibilidade aparente da MS e MO com o aumento da suplementação de concentrado à base de milho, e salientou que como o amido é quase completamente degradado no trato digestivo de ruminantes, a digestão no trato total deve aumentar com a suplementação.

4.6.2 Fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido

Nas tabelas 10 e 11 podem ser observados os dados referentes ao consumo e digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro e fibra em

detergente ácido das dietas utilizadas. As médias foram obtidas através dos quadrados mínimos.

O consumo de FDN foi maior para o tratamento com farinha de peixe e milho floculado, diferindo do tratamento de silagem de milho, que apresentou o menor consumo de FDN ($P < 0,05$), devido ao menor teor de FDN nesse volumoso. O maior consumo de FDN observado deste tratamento pode ter sido consequência do maior consumo de matéria seca. Não houve efeito de processamento, fonte de proteína e nível de concentrado sobre o consumo de FDN ($P > 0,05$). Okine et al. (1997) não observaram diferença no consumo de FDN de animais alimentados com alfafa e suplementados com 50 % ou 35% de concentrado na dieta, Stensig & Robinson (1997) relataram redução no consumo de FDN de acordo com o aumento de concentrado na dieta, não concordando com os valores apresentados na tabela 12. O maior consumo de MS das dietas com maior nível de concentrado observados no presente trabalho, poderia ser justificado pelo fato da dose mais elevada de concentrado utilizada poder ser considerada relativamente baixa em relação aos trabalhos mencionados. Além disso, os valores de pH ruminal observados (tabela 17) não sugerem redução de consumo decorrente de abaixamento excessivo de pH.

A digestibilidade da FDN no trato total e ruminal não foi diferente entre as dietas. No entanto, a quantidade de FDN digerida na dieta com farinha de peixe no trato total foi superior aos demais tratamentos, diferindo apenas da dieta contendo silagem de milho ($P < 0,05$). Aldrich et al. (1993) relataram aumentos na digestibilidade de FDN e FDA quando fontes de proteína menos degradáveis no rúmen foram fornecidas a animais que estavam consumindo dietas baseadas em capim elefante. Santos et al. (1999) também observaram maior digestibilidade de FDN quando foi fornecida uma fonte de proteína menos degradável no rúmen.

A quantidade de FDN digerida na porção ruminal foi superior para o tratamento com alto nível de concentrado, diferindo do tratamento contendo silagem de milho e concordando com dados de Stensig & Robinson (1997).

Alguns autores (Oliveira et al., 1995; Plascenia & Zinn, 1996; Lykos et al., 1997; Joy et al., 1997; Nussio, 1997; Yu et al., 1998) relataram o efeito negativo do aumento da digestão de amido ruminal sobre a digestibilidade da fibra.

Houve tendência de efeito de processamento do milho sobre os tratamentos ($P=0,13$), e efeito de nível de concentrado ($P=0,09$), apresentando a dieta com milho moído sob alto nível de concentrado a maior quantidade de FDN digerido no rúmen, devido ao maior consumo, indicando que o maior nível de concentrado não prejudicou a atividade das bactérias celulolíticas, demonstrado pelos elevados valores de pH das dietas. De Visser et al. (1998) relataram menor digestibilidade de FDN quando são fornecidos 4 kg de milho floculado adicionalmente à silagem de gramínea.

Tabela 10. Efeito das dietas experimentais sobre o consumo e digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro.

	SM	Capim Elefante					Contrastes		
	MM	Milho Moído		Milho Floculado		EPM	P<		
	FS	A-FS	B-FS	FS	FP		Proc	Prot	Conc
CFDN, kg.dia ⁻¹	6,62 ^b	9,12 ^{ab}	8,66 ^{ab}	8,68 ^{ab}	9,55 ^a	0,68	0,74	0,43	0,73
DTTFDN, %	53,42	54,99	57,09	56,32	57,72	3,65	0,85	0,81	0,77
DTTFDN, kg	3,50 ^b	5,03 ^{ab}	4,85 ^{ab}	5,02 ^{ab}	5,56 ^a	0,55	0,99	0,54	0,87
DRFDN, %	51,61	57,56	54,34	53,00	55,01	5,60	0,68	0,82	0,77
DRFDN, kg	3,44 ^b	7,27 ^a	4,58 ^{ab}	4,88 ^{ab}	5,29 ^{ab}	0,77	0,13	0,73	0,09

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas diferem entre si a 5% de significância.

O maior consumo de FDA foi observado na ração contendo farinha de peixe e milho floculado, diferindo da dieta com silagem de milho ($P<0,05$). Não houve efeito de processamento, fonte de proteína e nível de concentrado na dieta sobre a ingestão de FDA.

A digestibilidade de FDA no trato total e ruminal não diferiu entre os tratamentos ($P>0,05$). Nussio (1997) relatou redução de 18,1% na digestibilidade do FDA ao utilizar sorgo floculado em comparação ao sorgo

laminado em dietas à base de feno de alfafa. Plascencia & Zinn (1996) observaram redução na digestibilidade da FDA quando foi fornecido milho floculado. A quantidade de FDA digerida no trato total foi maior para a dieta com farinha de peixe e milho floculado, sendo diferente da dieta com silagem de milho ($P < 0,05$), que apresentou menor consumo de FDA. Santos et al. (1998) observaram tendência de menores digestibilidades de FDA para o tratamento com farinha de peixe.

Apesar do fato da dieta contendo silagem de milho ter levado à menor contribuição de FDN e FDA na composição das rações, observou-se menores valores de digestibilidade ruminal e de trato total para a fração parede celular desse volumoso quando comparado ao capim elefante.

Tabela 11. Efeito das dietas experimentais sobre o consumo e digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido

Parâmetros	SM		Capim Elefante			EPM	Contrastes		
	MM	Milho Moído	Milho Floculado		P<		Proc	Prot	Conc
	FS	A-FS	B-FS	FS					
CFDA, kg.dia ⁻¹	3,39 ^b	5,23 ^a	5,04 ^a	4,98 ^a	5,42 ^a	0,39	0,74	0,49	0,80
DTTFDA, %	50,33	54,77	55,77	56,48	56,35	4,01	0,82	0,98	0,89
DTTFDA, kg	1,68 ^b	2,85 ^a	2,72 ^a	2,88 ^a	3,09 ^a	0,31	0,95	0,69	0,87
DRFDA, %	53,20	58,90	54,25	54,81	56,07	5,58	0,71	0,88	0,67
DRFDA, kg	1,80	3,07	2,65	2,89	3,07	0,42	0,82	0,79	0,61

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas diferem entre si a 5% de significância.

4.6.3 Proteína bruta

Os dados de consumo e digestibilidade aparente da proteína bruta no trato total e ruminal estão apresentados na tabela 12. As médias foram obtidas através de quadrados mínimos.

O consumo de proteína bruta e quantidade de PB aparentemente digestível da dieta com silagem de milho foi superior numericamente das demais e diferente da dieta contendo baixo nível de concentrado e daquela contendo farinha de peixe ($P<0,05$), que pode ser explicado pelo fato dessas dietas terem apresentado um teor de PB médio inferior às demais dietas. Apesar das dietas terem sido formuladas para ser isoproteicas, após análises laboratoriais constatou-se que elas apresentaram diferenças nos níveis de proteína, como pode ser observado na tabela 1.

Houve tendência de diferença no consumo de PB entre as dietas com alto e baixo nível de concentrado ($P=0,12$), devido à diferença de PB nessas dietas.

Com relação às estimativas de digestibilidade ruminal da fração proteica, deve-se considerar que as médias apresentadas agregam erros decorrentes da contribuição de proteína microbiana. Assim, na composição do conteúdo duodenal, ambas as frações, de proteína dietética e microbiana, contribuem para a estimativa de digestibilidade, resultando em desvios nos valores percentuais e quantitativos de expectativa de digestão da proteína dietética propriamente dita.

A porcentagem de PB digerida no rúmen da dieta com farinha de peixe e milho floculado foi inferior às demais dietas ($P<0,05$), devido a presença de PNDR representada pela inclusão de farinha de peixe na dieta, desse modo, houve um efeito significativo da fonte de proteína na dieta ($P<0,05$), de acordo com Santos et al. (1998; 1999).

Quantitativamente, a digestibilidade de PB ruminal da dieta com farinha de peixe foi inferior à dieta com silagem de milho ($P<0,05$). O efeito de fonte de proteína na dieta também apresentou tendência de diferença ($P=0,12$). Zerbini et al. (1988) encontraram menores digestibilidades ruminais para o tratamento com farinha de peixe em relação ao farelo de soja, porém digestibilidades aparentes no trato total semelhantes. A eficiência de síntese de proteína microbiana foi maior para o tratamento com farelo de soja.

A digestibilidade ruminal da proteína não foi afetada pelo tipo processamento do milho, concordando com dados de Plascencia & Zinn (1996).

A digestibilidade da proteína no trato total não foi diferente para as formas de processamento do grão, o que está de acordo com Santos (1996) e Simas (1995), apesar de ter sido observada digestibilidade numericamente superior para o tratamento com floculação. Nussio (1997) e Chen (1994) encontraram digestibilidades menores para a floculação em relação à laminação.

Tabela 12. Efeito das dietas experimentais sobre o consumo e digestibilidade aparente da proteína bruta

Parâmetros	SM		Capim Elefante			EPM	Contrastes		
	MM		Milho Moído		Milho Floculado		P<		
	FS	A-FS	B-FS	FS	FP		Proc	Prot	Conc
CPB, kg.dia ⁻¹	3,06 ^a	2,64 ^{ab}	2,01 ^b	2,50 ^{ab}	2,31 ^b	0,20	0,69	0,56	0,12
DTTPB, %	77,81	71,61	75,73	75,80	73,06	3,21	0,45	0,59	0,49
DTTPB, kg	2,40 ^a	1,91 ^{ab}	1,52 ^b	1,90 ^{ab}	1,69 ^b	0,21	0,98	0,54	0,33
DRPB, %	49,8 ^a	47,90 ^a	51,17 ^a	45,77 ^a	14,67 ^b	5,32	0,81	0,002	0,74
DRPB, kg	1,51 ^a	1,25 ^{ab}	1,02 ^{ab}	1,16 ^{ab}	0,70 ^b	0,17	0,76	0,12	0,49

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas diferem entre si a 5% de significância.

4.6.4 Amido

O consumo e digestibilidade aparente do amido no trato total e ruminal estão apresentados na tabela 13. As médias foram obtidas através de quadrados mínimos.

Houve maior consumo de amido no tratamento contendo silagem de milho ($P < 0,05$) em relação aos demais tratamentos. O efeito de nível de concentrado na dieta mostrou uma tendência de diferença estatística ($P = 0,15$), com maior consumo de amido para a dieta com alto nível de concentrado.

Santos et al. (1999) não observaram efeito sobre a digestibilidade de amido quando foi incluída uma fonte de proteína marinha não degradável no rúmen nas dietas com grãos processados.

As maiores porcentagens de digestibilidade ruminal de amido foram observadas para os tratamentos contendo milho floculado. O efeito de nível de concentrado na dieta apresentou tendência de diferença ($P=0,13$), demonstrando a superioridade na digestibilidade ruminal de amido na dieta com alto nível de concentrado.

Menezes Júnior (1999), Santos et al. (1999), Nussio (1997), Plascencia & Zinn (1996) encontraram maiores porcentagens de digestibilidade de amido no trato total para o milho floculado, enquanto Yu et al. (1997); Yu et al. (1998) e Santos et al. (1997), observaram aumentos de digestibilidade do amido tanto em porcentagem como em quantidades digeridas por dia.

A quantidade de amido digerido no trato total foi superior para a dieta com silagem de milho em relação às demais ($P<0,05$), devido ao maior consumo de amido desta dieta. Houve tendência de diferença neste parâmetro para o efeito do nível de concentrado na dieta ($P=0,16$), demonstrando maior digestibilidade para o alto nível de concentrado.

A quantidade de amido digerida no rúmen foi maior para a dieta com silagem de milho, diferindo das dietas com alto e baixo nível de concentrado, e da dieta com farinha de peixe ($P<0,05$), e com tendência de superioridade ($P=0,06$) da dieta com milho floculado e farelo de soja, devido ao maior consumo de matéria seca nesta dieta.

Tabela 13. Efeito das dietas experimentais sobre o consumo e digestibilidade aparente do amido

Parâmetros	SM	Capim Elefante				Contrastes			
	MM	Milho Moído		Milho Floculado		P<			
	FS	A-FS	B-FS	FS	FP	EPM	Proc	Prot	Conc
C Amido, kg.dia ⁻¹	6,02 ^a	2,79 ^b	1,41 ^b	3,04 ^b	3,07 ^b	0,54	0,80	0,97	0,15
DTTA, %	96,58 ^{ab}	96,03 ^{ab}	95,17 ^b	98,78 ^a	98,47 ^a	0,93	0,13	0,84	0,59
DTTA, kg	5,82 ^a	2,68 ^b	1,35 ^b	3,01 ^b	3,02 ^b	0,52	0,73	0,98	0,16
DRA, %	68,61	66,83	68,08	76,27	73,79	9,10	0,57	0,87	0,93
DRA, kg	4,25 ^a	1,90 ^b	0,99 ^b	2,32 ^{ab}	2,31 ^b	0,79	0,70	0,99	0,38

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas diferem entre si a 5% de significância.

4.7 Parâmetros ruminais

Os efeitos dos tratamentos sobre os parâmetros ruminais médios do presente trabalho estão apresentados na tabela 14.

Tabela 14. Efeitos das dietas experimentais sobre as médias dos parâmetros ruminais.

Parâmetros	SM	Capim Elefante				Contrastes			
	MM	Milho Moído		Milho Floculado		P<			
	FS	A-FS	B-FS	FS	FP	EPM	Proc.	Prot.	Conc.
pH	6,21 ^b	6,59 ^a	6,63 ^a	6,63 ^a	6,54 ^a	0,04	0,27	0,01	0,25
N-NH ₃	20,9 ^a	16,8 ^b	20,5 ^a	14,2 ^c	11,7 ^d	1,00	0,05	0,06	0,007
AGV total	77,7	70,9	68,7	78,9	75,7	5,84	0,0003	0,14	0,16
C ₂	50,6	50,7	49,9	54,9	53,5	4,18	0,004	0,35	0,33
C ₃	18,9 ^a	13,7 ^b	13,0 ^b	16,8 ^{ab}	15,3 ^b	1,30	0,0001	0,02	0,26
C ₄	8,1 ^a	6,5 ^b	5,7 ^b	7,1 ^{ab}	6,8 ^{ab}	0,73	0,005	0,23	0,0004
C ₂ :C ₃	2,74 ^c	3,72 ^{ab}	3,85 ^a	3,35 ^b	3,76 ^{ab}	0,22	0,02	0,01	0,46

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas diferem entre si a 5% de significância.

De acordo com os dados da Tabela 14, o uso de dietas à base de silagem de milho aumentou ($P<0,05$) a concentração molar de propionato, butirato e nitrogênio amoniacal no fluido ruminal. Além disso, reduziu ($P<0,05$)

os valores de pH e a relação acetato:propionato, e não apresentou efeito sobre ($P>0,05$) a concentração molar de acetato e dos ácidos graxos voláteis totais no fluido ruminal. Esses dados podem ser explicados pelo maior consumo e quantidade de amido digerido no trato digestivo, o que geralmente determina maior produção de ácidos orgânicos (principalmente propiônico) durante o processo de fermentação. Associado a isso, a silagem de milho apresentou um menor tamanho de partícula, o que deve ter levado à uma menor taxa de mastigação e ruminação, promovendo redução na secreção de tamponantes salivares e consequente redução do pH ruminal.

A utilização de milho floculado, aumentou ($P<0,05$) a concentração de propionato no fluido ruminal, de acordo com Van Soest (1994); Joy et al. (1997); Plascencia & Zinn (1996) e Menezes Junior (1999), que também observaram maiores proporções de propionato no fluido ruminal nos tratamentos contendo milho floculado em relação aos tratamentos contendo milho moído grosso. O processamento do grão de milho também aumentou a concentração de butirato e dos ácidos graxos voláteis totais no fluido ruminal, discordando dos dados de Aldrich et al. (1993); Joy et al. (1997); Lykos et al. (1997); Plascencia & Zinn (1996) e Menezes Junior (1999), que não observaram efeito do processamento do grão de milho sobre a concentração de butirato e dos ácidos graxos voláteis totais. O processamento ainda reduziu ($P<0,05$) a concentração de nitrogênio amoniacal como observado por Plascencia & Zinn (1997); Poore et al. (1993); Santos (1998) e Menezes Junior (1999). A relação acetato:propionato sofreu redução ($P<0,05$) sendo que efeito similar foi observado por Joy et al. (1997); Lykos et al. (1997) e Menezes Junior, (1999). Bach et al. (1999) relataram redução na concentração molar de acetato, aumento na concentração de propionato, butirato e aumento na concentração molar de AGV total no rúmen quando foi adicionado milho moído em relação a um tratamento exclusivo à pasto.

Houve efeito de processamento sobre ($P>0,05$) a concentração molar de acetato no fluido ruminal, com maior concentração no tratamento contendo

milho floculado, o que contraria os dados de Plascencia & Zinn, (1996) e Joy et al., (1997) comparando milho laminado com milho floculado e Menezes Junior, (1999), comparando milho moído com milho floculado. Estes observaram menores concentrações de acetato quando o milho floculado foi utilizado. O processamento do grão de milho não apresentou efeito ($P>0,05$) sobre o valor de pH, esses dados concordam com Joy et al. (1997); Plascencia & Zinn (1995) e Menezes Junior (1999), porém discordam dos dados de Lykos et al. (1997) e Nussio (1997) que relataram reduções nos valores de pH para as dietas contendo milho floculado.

Esses fatos ocorrem provavelmente devido à maior digestibilidade do amido do grão de milho floculado, que promove maior disponibilidade de energia para os microrganismos do rúmen utilizarem para o seu crescimento e reprodução, o que resulta em uma maior taxa de fermentação ruminal, promovendo uma maior produção de ácidos orgânicos (principalmente propiônico) e uma utilização mais eficiente do nitrogênio disponível no rúmen, sugerindo maior síntese de proteína microbiana, o que reduz a concentração de nitrogênio amoniacal no rúmen.

No presente trabalho, a manutenção do pH ruminal na presença de grãos floculados talvez se deva ao fato de que o nível mais alto de concentrado não chegou a representar desafio ao ambiente ruminal.

O uso de uma fonte de proteína de menor degradabilidade ruminal (farinha de peixe), promoveu um aumento ($P<0,05$) da relação acetato:propionato, decorrente da redução ($P<0,05$) na concentração molar de propionato e pH no fluido ruminal. Houve tendência de redução ($P=0,06$) na concentração ruminal de nitrogênio amoniacal e dos ácidos graxos voláteis totais ($P=0,14$). Apesar disso, as concentrações molares de acetato e butirato no fluido ruminal não foram alteradas ($P>0,05$). De acordo com Zerbini et al. (1988) maiores valores de ácido acético e AGV total foram observadas para farelo de soja em relação à farinha de peixe. Esses efeitos podem ser explicados pela redução na quantidade de matéria orgânica fermentada no

rúmen e menor proteólise no rúmen, reduzindo a quantidade de nitrogênio liberado para o fluido ruminal. Com isso, a quantidade de amônia produzida foi reduzida com a proteína da farinha de peixe passando a ser digerida no intestino.

O tratamento com menor proporção de concentrado determinou elevações ($P<0,05$) na concentração de nitrogênio amoniacal no fluido ruminal. Contudo, não houve efeito sobre os valores de pH, acetato, propionato e da relação acetato:propionato ($P>0,05$). Houve redução de butirato ($P<0,05$) e tendência de redução ($P=0,16$) na concentração molar de ácidos graxos voláteis total. Essas características podem ser explicadas pela maior proporção de volumoso na dieta (capim elefante), uma vez que os volumosos fornecem uma maior quantidade de precursores para a formação de acetato. Entretanto, dietas contendo elevadas proporções de volumosos apresentam reduzida densidade energética, o que pode levar à redução da disponibilidade de energia para a fermentação ruminal e maior utilização de proteína como fonte de energia, promovendo um aumento na concentração de nitrogênio amoniacal no rúmen.

Jones-Endsley et al. (1997) relataram redução na concentração molar de acetato, aumento na concentração de propionato, redução na relação acetato:propionato, e ausência de efeito sobre a concentração de AGV total e amônia ruminal quando houve aumento no nível de adição de concentrado na dieta. Reis (1998) observou aumento na concentração molar de propionato e redução na concentração de amônia ruminal e da relação acetato:propionato, de acordo com o aumento dos níveis de suplementação.

4.7.1 pH ruminal

Os efeitos dos horários de coleta sobre o pH do fluído ruminal, estão apresentados na figura 2. Cabe lembrar que os animais foram alimentados duas vezes ao dia, no tempo zero (18:30 horas) e no tempo 12 (6:30 horas).

A variação do pH durante o dia seguiu um padrão de evolução normal onde os maiores valores de pH são observados próximos aos horários de alimentação. Os picos de baixa no pH do fluído ruminal ocorreram entre 4 a 8 horas após a alimentação, quando existiu grande concentração de ácidos orgânicos, provenientes da fermentação dos substratos pelos microrganismos, no fluído ruminal. As médias dos valores de pH ruminal das dietas, no decorrer do dia, se mostraram sempre superiores a 6,0. Esse fato indica que as alterações nos parâmetros de fermentação ruminal impostos pelos tratamentos não foram suficientemente expressivos à ponto de determinar redução significativa no pH ruminal. Como exemplo, somente na dieta à base de silagem de milho, 4 horas após a alimentação, foi observado pH inferior a 6,0.

Figura 2. Efeito das dietas experimentais sobre a evolução diária do pH ruminal.

4.7.2 Amônia ruminal

Na figura 3 estão apresentados os valores médios da concentração de amônia ruminal de acordo com as dietas e os horários de coleta. De acordo com essa figura, pode se observar que os valores de amônia no fluído ruminal atingem valores máximos 2 a 4 horas após a alimentação, pois nesses horários a fermentação ruminal se apresenta intensa, decorrente da maior disponibilidade dos nutrientes das dietas, entre eles a proteína, que após a hidrólise promove elevação nos níveis de amônia ruminal.

A utilização de milho floculado associado à farinha de peixe, foram os tratamentos mais eficientes em reduzir a concentração ruminal de amônia, uma vez que o amido do milho floculado apresenta maior digestibilidade, o que

promove maior liberação de energia para o crescimento e reprodução dos microrganismos do rúmen, que utilizam o nitrogênio ruminal para a formação de suas proteínas estruturais. A farinha de peixe por apresentar menor digestibilidade ruminal, reduz a quantidade de proteína que é quebrada no rúmen, o que reduz a liberação de nitrogênio no rúmen e consequentemente a formação de amônia.

O baixo nível de concentrado na dieta apresentou alta concentração de amônia ruminal, indicando falta de energia na dieta, porém demonstrou o excesso de nitrogênio solúvel proveniente do capim elefante (Balsalobre, 1996). Além disso, geralmente os níveis mais elevados de concentrado nas dietas promovem intensificação da fermentação ruminal, promovendo redução de pH. Nesse caso, a proteólise é reduzida, o que estimula a reciclagem de amônia pela parede do rúmen (Owens & Zinn, 1988). Com base na tabela 14, esse fato pode ser confirmado, uma vez que pode ser evidenciada a redução numérica do pH ruminal na dieta com alto nível de concentrado. Simultaneamente, nessa dieta, houve redução do nível de amônia ruminal, sugerindo maior reciclagem.

As concentrações de amônia ruminal resultaram em menor produção de leite para o tratamento com baixo nível de concentrado. A adição de maiores níveis de concentrado associado ao processamento mais intensivo do grão de milho resultaram em acoplamento de fornecimento de energia e proteína, sendo então melhor aproveitados pelos microrganismos para produção de proteína microbiana e ácidos orgânicos da fermentação. Esse fato pode ser evidenciado pela maior retenção de nitrogênio proveniente da dieta no leite dos animais recebendo os tratamentos contendo milho floculado, conforme apresentado na tabela 8.

A alta concentração de amônia ruminal na dieta com silagem de milho pode levar à inferência de que havia proteína em excesso na dieta, sugerindo que essa recomendação de proteína pelo NRC (1985) para vacas nesse nível de produção de leite possa ser excessiva.

O fornecimento de concentrado em baixa proporção na dieta, aumentou ($P<0,05$) a concentração de amônia no fluido ruminal. Esse fato provavelmente se deve a menor disponibilidade de fontes de energia para os microrganismos do rúmen, que então passam a utilizar a proteína como fonte de energia, o que gera um aumento na liberação de nitrogênio para o fluido ruminal e consequente aumento no teor de amônia ruminal.

A quantidade de amônia ruminal para maximizar o desempenho de vacas em lactação é polêmica, tendo sido relatados valores entre 2 a 3 mg de $\text{N-NH}_3 \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ de fluido ruminal por Satter & Slyter (1974), citado pelo NRC (1985). Mehrez et al. (1977) citado pelo NRC (1985) sugere valores entre 20 e 22 mg de $\text{N-NH}_3 \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ de fluido ruminal para maximização da fermentação ruminal. De acordo com NRC (1985), teores de amônia superiores a 8 e 15 mg de $\text{N} \cdot \text{dl}^{-1}$ são requeridas para a maximização da digestão da MO no rúmen de vacas em lactação. Além disso, vacas que consomem quantidades inadequadas de energia podem apresentar excesso de amônia ruminal, altas concentrações de uréia plasmática e baixas concentrações de proteína no leite.

Figura 3. Efeito das dietas experimentais sobre a evolução diária da concentração de nitrogênio amoniacal.

4.7.3 Ácidos graxos voláteis

A evolução temporal sobre a concentração dos ácidos graxos voláteis totais no fluido ruminal está apresentada na figura 4.

A concentração de ácidos graxos voláteis total no fluido ruminal apresenta pico no período entre 4 e 6 horas após a alimentação. É interessante notar que o pico na concentração dos ácidos graxos voláteis totais é mais acentuado após a primeira alimentação (18:30 horas).

Figura 4. Efeito das dietas experimentais sobre a evolução diária da concentração molar de ácidos graxos voláteis totais no fluido ruminal.

4.7.4 Ácido acético

A figura 5 apresenta a evolução temporal da concentração molar de ácido acético no fluido ruminal. Nessa figura pode ser observado que a concentração de acetato apresentou pico entre 4 e 8 horas após a primeira alimentação (18:30 horas) e não apresentou diferença ($P>0,05$) após a segunda alimentação (6:30 horas). Os animais apresentaram um padrão de consumo de matéria seca maior durante a noite.

Figura 5. Efeito das dietas experimentais sobre a evolução diária na concentração molar de ácido acético no fluido ruminal.

4.7.5 Ácido propiônico

A evolução temporal da concentração molar no fluido ruminal de propionato está apresentada na figura 6. A concentração molar de ácido propiônico apresentou aumentos a partir de 2 horas após a alimentação e se manteve elevada até 2 horas antes das alimentações. Foi verificado, também, maiores valores de propionato no fluido ruminal após a alimentação noturna.

Figura 6. Efeito das dietas experimentais sobre a evolução diária na concentração molar de ácido propiônico no fluido ruminal.

4.7.6 Ácido butírico

A evolução temporal da concentração molar de ácido butírico no fluido ruminal está apresentada na figura 7. Nessa figura pode-se observar que os aumentos na concentração de butirato ocorreram entre 4 e 6 horas após a alimentação. Maior consumo de matéria seca após alimentação noturna promoveram maior concentração de ácido butírico nesses horários.

Figura 7. Efeito das dietas experimentais sobre a evolução diária na concentração molar de ácido butírico no fluido ruminal.

4.7.7 Relação ácido acético:ácido propiônico

A evolução temporal da relação acetato:propionato está apresentada na figura 8. Os valores da relação acetato:propionato praticamente não sofreram alterações durante os horários de coleta, provavelmente devido ao fato das curvas de ácido acético e propiônico apresentarem basicamente os mesmos padrões de elevação, com aumentos a partir de 4 horas após as alimentações e picos de baixa ao redor dos horários de alimentação.

Figura 8. Efeito das dietas experimentais sobre a evolução diária na relação acetato:propionato.

4.8 Degradabilidade “in situ”

As amostras dos volumosos que foram incubadas “in situ” foram analisadas quanto à degradabilidade da MS, FDN e FDA. As amostras de grãos de milho moído e floculado só foram analisadas quanto à degradabilidade da MS, devido insuficiência de material residual disponível para análise de degradabilidade ruminal do amido.

4.8.1 Degradabilidade da matéria seca

Os dados referentes à degradabilidade ruminal da matéria seca dos volumosos e dos grãos de milho que foram incubados no rúmen para ensaio de degradabilidade “in situ” estão apresentados nas tabelas 15 e 16. Os volumosos e os grãos de milho foram incubados de acordo com a dieta que os animais estavam recebendo.

A degradabilidade da MS da silagem de milho na fração a foi superior à fração a do capim elefante incubado nas demais dietas ($P < 0,05$) devido ao seu maior teor de amido na MS, que apresenta fração rapidamente degradável no rúmen. Os tipos de dieta não influenciaram a degradação da fração a do capim elefante.

A taxa fracional de degradação ($\% \cdot h^{-1}$) não diferiu entre os volumosos das dietas experimentais, apesar da silagem de milho ter apresentado menor taxa de degradação fracional. No entanto, a fração potencialmente degradável foi superior para a silagem de milho ($P < 0,05$), devido à sua elevada degradabilidade na fração solúvel. O capim elefante incubado nas demais dietas, apesar de apresentarem valores superiores na fração b, foram estatisticamente menores na fração a. A fração efetivamente degradável, considerando uma taxa de passagem de $5\% \cdot h^{-1}$, foi maior para a MS da silagem de milho, diferindo do capim elefante incubado nas demais dietas ($P < 0,05$). A fração efetivamente degradável do capim elefante incubado foi semelhante entre as dietas, com média igual a 63%, indicando que não houve efeito destas sobre a degradabilidade da MS do capim elefante. Balsalobre (1996) observou extensão de degradação da MS de capim elefante em pastejo simulado de 67,88%, enquanto Deschamps (1994) reporta potencial de degradabilidade da MS de capim elefante incubado 48 horas no rúmen de 68,6% a 73,6%.

Khalili et al. (2000) não observaram efeito de suplementação de concentrado sobre os parâmetros de degradabilidade potencial, taxa de

degradação fracional e degradabilidade da fração solúvel e insolúvel de feno misto de festuca e capim timóteo.

Nussio (1997) relata que a fonte de amido mais degradável no rúmen causou redução da degradabilidade da MS de alfafa, diminuindo a taxa de degradação fracional e a degradabilidade efetiva da MS. Tendência similar foi observada nos trabalhos de Weiss (1994) e Harmison et al. (1997).

Rodrigues (2000), observou que a inclusão de concentrado na dieta, reduziu a degradabilidade efetiva da MS de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*, L. cv. Tifton). O menor pH ruminal de dietas ricas em concentrado poderia diminuir a atividade da celulase microbiana no rúmen, como demonstrado por Mould et al. (1983). No presente trabalho a variação de pH não foi significativa, provavelmente em função de menor proporção de concentrado adicionados nas rações.

Tabela 15. Parâmetros de degradabilidade “in situ” da matéria seca dos volumosos incubados nas diferentes dietas.

Parâmetros	SM	Capim Elefante					Contrastes		
	MM	Milho Moído	Milho Floculado			EPM	P<		
	FS	A-FS	B-FS	FS	FP		Proc	Prot	Conc
a (%)	39,0 ^a	21,4 ^b	21,2 ^b	22,5 ^b	21,9 ^b	1,37	0,57	0,74	0,92
b (%)	42,6 ^b	48,4 ^{ab}	48,2 ^{ab}	48,2 ^{ab}	50,0 ^a	2,26	0,93	0,57	0,95
c ¹ (%.h ⁻¹)	3,62	3,92	4,55	4,16	3,56	0,004	0,70	0,34	0,35
Potencialmente Degradável ² , %	81,6 ^a	69,9 ^b	69,5 ^b	70,7 ^b	71,9 ^b	1,65	0,71	0,62	0,88
Efetivamente Degradável ³ , %	64,7 ^a	62,9 ^b	63,0 ^b	63,0 ^b	63,0 ^b	0,16	0,61	0,86	0,79

¹ kd = taxa fracional de degradação (%.h⁻¹); ² (a+b); ³ kp = taxa de passagem = 5%.h⁻¹.

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas diferem entre si a 5% de significância.

As degradabilidades da MS dos grãos de milho moído e floculado na fração a, fração solúvel, incubados nas diferentes dietas não apresentaram diferenças significativas (P>0,05). Houve uma tendência de diferença estatística (P=0,19) para as formas de processamento do grão de milho, tendo o milho floculado incubado nas dietas de capim elefante apresentado menor degradabilidade ruminal na fração a.

A taxa fracional de degradação da MS do grão de milho incubado nas diferentes dietas foi superior na dieta com alto nível de concentrado, diferindo da dieta com silagem de milho ($P<0,05$). Houve tendência no efeito de processamento do grão de milho ($P=0,16$), indicando efeito negativo da floculação sobre a taxa de degradação da matéria seca do grão de milho ($\% \cdot h^{-1}$). Esse fato contraria relatos na literatura (Nussio, 1997) onde a maior intensidade de processamento do grão foi praticamente correlacionado com a taxa de degradação. Por outro lado, sugere que a moagem do grão deve ter sido intensa, aumentando significativamente a degradação ruminal do amido.

A porcentagem de MS do milho potencialmente degradável no rúmen foi semelhante para as incubações nas diferentes dietas, diferindo apenas para a dieta contendo farinha de peixe. A presença desta fonte de proteína determinou redução no potencial de degradação da MS do grão de milho floculado ($P<0,05$).

A porcentagem de MS do grão de milho efetivamente degradável no rúmen foi maior para o milho moído incubado na dieta com alto nível de concentrado, sendo próximo do milho moído incubado na dieta com baixo nível de concentrado, diferindo das demais dietas ($P<0,05$). Esse fato, possivelmente, foi devido a maior taxa fracional de degradação da dieta com alto nível de concentrado. Houve efeito das formas de processamento sobre a fração efetivamente degradável da MS dos grãos de milho, com efeito positivo para o milho moído ($P<0,05$). Quanto ao nível de concentrado na dieta, houve tendência de superioridade da fração efetivamente degradável no rúmen do grão de milho incubado na dieta contendo alto nível de concentrado ($P=0,12$).

A taxa fracional de degradação e a degradabilidade efetiva da MS dos grãos de milho foram aumentadas com a floculação de sorgo em relação à laminação em trabalho realizado por Nussio (1997).

Tabela 16. Parâmetros de degradabilidade “in situ” da matéria seca dos grãos de milho moído e floculado incubados nas diferentes dietas.

Parâmetros	SM	Capim Elefante					EPM	Contrastes		
	MM	Milho Moído		Milho Floculado		P<		Proc	Prot	Conc
	FS	A-FS	B-FS	FS	FP					
a (%)	25,3	27,3	23,4	21,9	21,5	2,87	0,19	0,93	0,38	
b (%)	80,5	75,3	82,0	79,4	77,8	3,51	0,42	0,74	0,22	
c ¹ (%.h ⁻¹)	4,56 ^b	6,66 ^a	5,40 ^{ab}	5,80 ^a	5,56 ^{ab}	0,004	0,16	0,69	0,06	
Potencialmente Degradavel ² (%)	99,9 ^a	99,7 ^a	100 ^a	99,8 ^a	98,7 ^b	0,26	0,87	0,01	0,56	
Efetivamente Degradável ³ (%)	72,9 ^b	76,3 ^a	74,6 ^{a b}	73,8 ^b	72,5 ^b	0,71	0,02	0,20	0,12	

¹ kd = taxa fracional de degradação (%.h⁻¹); ² (a+b); ³ kp = taxa de passagem = 5%.h⁻¹.

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas diferem entre si a 5% de significância.

4.8.2 Degradabilidade da fibra em detergente neutro

Os resíduos dos materiais que foram incubados no rúmen foram analisados quanto à porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN) para permitir dessa forma, calcular a degradabilidade efetiva dessa fração fibrosa na dieta. Os dados referentes à degradabilidade da fração FDN das dietas encontram-se na tabela 17.

A degradabilidade da fração FDN na fração a foi maior para a silagem de milho, diferindo do capim elefante incubado nas dietas com alto e baixo nível de concentrado (P<0,05). O capim elefante incubado em dietas com milho floculado apresentou degradabilidade da FDN na fração a mais elevada, devido a maior atividade de microrganismos para decomposição da fração fibrosa em decorrência do maior suprimento de energia.

A fração insolúvel apresentou maior porcentagem de degradação da FDN no tratamento com silagem de milho, indicando a maior qualidade da FDN deste volumoso, diferindo do capim elefante incubado nas demais dietas (P<0,05). Esses dados estão em oposição àqueles apresentados na tabela 12, onde numericamente as dietas contendo capim elefante apresentaram maior digestibilidade ruminal da FDN. Houve uma tendência de efeito positivo da

farinha de peixe como fonte de proteína em relação ao farelo de soja, traduzido pela maior degradabilidade da fração insolúvel da FDN do capim elefante incubado nesta dieta ($P=0,16$). A análise realizada entre volumosos indica um efeito compensatório de taxa fracional de degradação e fração potencialmente degradável.

A taxa fracional de degradação da FDN ($\%.h^{-1}$) foi menor para o tratamento com silagem de milho em relação ao capim elefante incubados nas demais dietas ($P<0,05$). O maior consumo de MS observado nos animais dessa dieta associado ao menor nível de FDN, deve ter resultado em maior enchimento do trato digestivo, que está de acordo com Mertens (1987) citado por Stensig & Robinson (1997).

A porcentagem de FDN potencialmente degradável no rúmen do tratamento com silagem de milho foi superior ao capim elefante incubado nas demais dietas ($P<0,05$), devido aos maiores valores para a FDN nas frações **a** e **b**. Esse tratamento também apresentou porcentagem de FDN efetivamente degradável no rúmen superior ($P<0,05$), apesar da proximidade numérica dos valores apresentados. O capim elefante incubado nas dietas apresentou maiores taxas de degradação fracional, permitindo maiores quantidades de FDN degradável no rúmen. Stensig & Robinson (1997) trabalhando com silagem de alfafa e capim timóteo observaram que apesar da menor taxa de degradação fracional da silagem de capim timóteo ($6,3\% \times 12,1\%$), a porção efetivamente degradada de FDN foi superior para este volumoso devido ao maior potencial de degradabilidade da FDN.

Rodrigues (2000) relatou influência negativa de doses crescentes de concentrado (25, 50 e 75%) sobre a taxa de degradação fracional e a degradabilidade efetiva de FDN e FDA. De Visser et al. (1998) observaram redução na taxa de degradação fracional do FDN quando foi adicionado 4 kg de milho floculado à silagem de gramíneas.

Nussio (1997) relatou influência negativa da fonte de amido mais degradável no rúmen sobre a degradação de FDN de feno de alfafa,

apresentando redução na taxa fracional de degradabilidade e na degradabilidade efetiva do FDN.

Balsalobre (1996) trabalhando com capim elefante, observou extensão de degradação da FDN em amostras de pastejo simulado em média de 65,13%. Sniffen et al. (1992) apresentaram valores de 2 a 4%.h⁻¹ como taxas de degradação da FDN disponível em fenos de gramíneas, e de 3 a 6% para silagem de gramíneas.

Tabela 17. Parâmetros de degradabilidade "in situ" da FDN dos volumosos incubados nas diferentes dietas.

Parâmetros	SM	Capim Elefante					EPM	Contrastes		
	MM	Milho Moído		Milho Floculado		P<		Proc	Prot	Conc
	FS	A-FS	B-FS	FS	FP					
a (%)	11,4 ^a	5,4 ^b	6,1 ^b	8,0 ^{ab}	6,7 ^{ab}	1,49	0,26	0,56	0,77	
b (%)	73,7 ^a	61,4 ^b	60,0 ^b	59,34 ^b	62,36 ^b	1,45	0,34	0,16	0,53	
c ¹ (%.h ⁻¹)	1,92 ^b	3,72 ^a	4,3 ^a	4,02 ^a	3,46 ^a	0,003	0,54	0,22	0,26	
Potencialmente Degradável ² , %	85,1 ^a	66,9 ^b	66,1 ^b	67,3 ^b	69,1 ^b	1,58	0,88	0,54	0,73	
Efetivamente Degradável ³ , %	62,9 ^a	62,7 ^b	62,7 ^b	62,7 ^b	62,8 ^b	0,04	0,84	0,44	0,76	

¹ kd = taxa fracional de degradação (%.h⁻¹); ² (a+b); ³ kp = taxa de passagem = 5%.h⁻¹.

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas diferem entre si a 5% de significância.

4.8.3 Degradabilidade da fibra em detergente ácido

Os resíduos dos materiais que foram incubados no rúmen foram analisados também quanto à porcentagem de fibra em detergente ácido (FDA) para calcular a degradabilidade efetiva dessa fração fibrosa na dieta. Os dados referentes à degradabilidade da fração FDA das dietas estão apresentados na tabela 18.

A fração solúvel da FDA do capim elefante incubado nas dietas com milho moído foram inferiores à dieta com silagem de milho, indicando a maior qualidade do FDA da silagem de milho (P<0,05).

Não houve diferença da fração solúvel da FDA do capim elefante incubado nas diferentes dietas ($P>0,05$).

A fração potencialmente degradável da FDA da silagem de milho foi superior ao FDA do capim elefante incubado na dieta com alto nível de concentrado e dieta com milho floculado e farelo de soja ($P<0,05$).

Não houve diferença da fração potencialmente degradável da FDA do capim elefante incubado nas diferentes dietas ($P>0,05$).

A taxa fracional de degradação da FDA dos volumosos incubados nas diferentes dietas não diferiu entre os tratamentos ($P>0,05$).

A porcentagem potencialmente e efetivamente degradável da FDA da silagem de milho foi significativamente superior ao FDA do capim elefante incubado nas demais dietas ($P<0,05$), sugerindo qualidade superior do FDA da silagem de milho.

Não foi observado efeito dos tratamentos sobre a porcentagem potencialmente degradável e efetivamente degradável da FDA do capim elefante incubado nas diferentes dietas experimentais ($P>0,05$).

Balsalobre (1996) observou extensão de degradação de FDA de amostras de pastejo simulado de capim elefante de em média 64,0%.

Tabela 18. Parâmetros de degradabilidade "in situ" da FDA dos volumosos incubados nas diferentes dietas.

Parâmetros	SM		Capim Elefante			EPM	Contrastes		
	MM		Milho Moído		Milho Floculado		P<		
	FS	A-FS	B-FS	FS	FP		Proc	Prot	Conc
a (%)	9,37 ^a	2,22 ^b	1,80 ^b	4,32 ^{ab}	3,47 ^{ab}	1,98	0,51	0,79	0,90
b (%)	72,9 ^a	65,0 ^b	66,0 ^{ab}	63,3 ^b	66,8 ^{ab}	1,90	0,58	0,27	0,75
c ¹ (%.h ⁻¹)	2,50	3,35	3,83	3,62	3,07	0,004	0,68	0,42	0,51
Potencialmente Degradável ² , %	82,3 ^a	67,3 ^b	67,8 ^b	67,7 ^b	70,2 ^b	3,06	0,93	0,60	0,91
Efetivamente Degradável ³ , %	62,9 ^a	62,7 ^b	62,7 ^b	62,7 ^b	62,7 ^b	0,04	0,74	0,74	0,91

¹ kd = taxa fracional de degradação (%.h⁻¹); ² (a+b); ³ kp = taxa de passagem = 5%.h⁻¹.

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas diferem entre si a 5% de significância.

5 CONCLUSÕES

O fornecimento de fontes suplementares de energia e proteína de maior disponibilidade ruminal amplificou a digestão de nutrientes na dieta, e ofereceu melhores condições para o desempenho dos animais.

Nesse sentido, a associação de grãos de milho fisicamente processados e farelo de soja em dietas à base de capim elefante, conciliou eficiência de parâmetros de digestão de nutrientes e produção dos animais, assemelhando-se às dietas baseadas em silagem de milho.

A elevação no nível de concentrado oferecida aos animais, em simulação ao pastejo de gramíneas tropicais, otimizou as condições de digestão e do ambiente ruminal. Contudo, esses níveis não foram críticos e elevados o suficiente para determinar alterações negativas nos parâmetros de fermentação ruminal. Seria conveniente explorar níveis mais elevados de concentrado, em pesquisas futuras, no sentido de observar esse comportamento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. F. R. C. Technical Committee on Responses to Nutrients. Report No.9. Nutritive requirements of ruminants animals: protein. **Nutrition Abstracts and Reviews**, v.62, n.12, p.787-835, 1992.
- ALDRICH, J. M.; MULLER, L. D.; VARGA, G. A.; GRIEL, L. C. Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow and performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n.04, p.1091, 1993.
- ALLEN, M. S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 07, p. 1477-1462, 1997.
- ALLEN, M.S.; MERTENS, D. R. Evaluating Constrains on fiber digestion by rumen microbes. **Journal of Nutrition**, v.118, n. 02, p.261-270, 1988.
- ALIO, A.; THEURER, C. B.; LOZANO, O.; HUBER, J. T.; SWINGLE, R. S.; DELGADO-ELORDUY, A.; CUNEO, P.; DeYOUNG, D.; WEBB Jr., K. E. Splanchnic nitrogen metabolism by growing beef steers fed diets containing sorghum grain flaked at different densities. **Journal of Animal Science**, v.78, n.06, p. 1355-1363, 2000.

- AMARAL, D. M.; VEENHUIZEN, J. J.; DRACKLEY, J. K. et. al. Metabolism of propionate, glucose and carbon dioxide as affected by exogenous glucose in dairy cows at energy equilibrium. **Journal of Dairy Science**, v.73, n. 05, p.1244, 1990.
- AQUINO-RAMOS, J. L. Influence on milk protein % of iso-caloric infusions of glucose in the rumen, or propionate and acetate in the duodenum of cows fed dry-rolled sorghum. PhD dissertation. The University of Arizona, 1996.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis** (12 ed.). Washington, D.C., 1990.
- BACH, A.; YOON, I. K.; STERN, M. D.; JUNG, H. G.; CHESTER-JONES, H. Effects of type of carbohydrate supplementation to lush pasture on microbial fermentation in continuous culture. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n.01, p. 153-160, 1999.
- BALSALOBRE, M. A. A. Desempenho de vacas em lactação sob pastejo rotacionado de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). Piracicaba, 1996. 139p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- BERCHIELLI, T. T.; MAURO, F. R. C.; FURLAN, C. L. et al. Avaliação de indicadores interno para a determinação de digestibilidade da matéria seca. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996. Fortaleza, CE. **Anais**. Fortaleza: SBZ 1996, p. 44-45.
- BERGMAN, E. N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**, v.70, n. 02, p. 567-590,1990.

- BESLE, J. M.; JOUANY, J. P.; CORNU, A. Transformations of structural phenylpropanoids during cell wall digestion. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 16, n. 01, p.33-52, 1995.
- BONDI, A.; MEYER, H. On the chemical nature and digestibility of roughage carbohydrates. **Journal of Agricultural Science**, v. 33, p.123-128, 1943.
- BONDI, A.; MEYER, H. Lignin in young plants. **Biochemistry Journal**, v.43, p.248-256, 1948.
- CHAN, S. C.; HUBER, J. T.; THEURER, C. B.; WU, Z.; CHEN, K. H.; SIMAS, J. M. Effects of supplemental fat and protein source on ruminal fermentation and nutrient flow to the duodenum in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, n. 01, p.152-159, 1997.
- CHANEY, A. L.; MARBACH, E. P. Modified reagents for determination of urea and amonia. **Clinical Chemistry**, v.8, p. 130-137, 1962.
- CHEN, K. H.; HUBER, J. T.;THEURER, C. B.; SWINGLE, R. S.; SIMAS, J. M. et. al. Effect of steam flaking of corn and sorghum grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 04, p.1038, 1994.
- CLARK, J. H.; KLUSMEYER, T. H.; CAMERON, M. R. Symposium: nitrogen metabolism and amino acid nutrition in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.03, p.2304-2323, 1992.
- CORSI, M. Manejo do capim elefante sob pastejo. In: PEIXOTO, A. M., et. al. (Ed). **MANEJO DO CAPIM ELEFANTE**, 10, Piracicaba, 1994. **Anais**. Piracicaba, FEALQ, p.143-168, 1994.

- DADO, R. G.; ALLEN, M. S. Enhanced intake and production of cows offered ensiled alfalfa with higher neutral detergent fiber digestibility. **Journal of Dairy Science**, v. 79, n.03, p. 418-428, 1996.
- De VISSER, H.; KLOP, A.; VAN DER KOELEN, C. J.; VAN VUUREN, A. M. Starch supplementation of grass harvested at two stages of maturity prior to ensiling: intake, digestion, and degradability by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n.08, p. 2221-2227, 1998.
- DESCHAMPS, F.C. Degradabilidade ruminal da matéria seca e da proteína de alguns alimentos utilizáveis na alimentação de ruminantes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 23, n. p. 899-908, 1994.
- ELAM, C. J.; DAVIS, R.E. Lignin excretion by cattle fed a mixed ration. **Journal of Animal Science**, v.20, n.03, p. 484-486, 1961.
- ELLIS, G. H.; MATRONE, G.; MAYNARD, L. A. A 72% H₂SO₄ method for the determination of lignin and its use in animal nutrition studies. **Journal of Animal Science**, v.5, n.03, p.285-297, 1946.
- FAHEY, G. C.; McLAREN, G. A.; WILLIAMS, J. E. Lignin digestibility by lambs fed both low quality and high quality roughages. **Journal of Animal Science**, v.48, n. 05, p. 941-946, 1979.
- FAHEY, G. C.; JUNG, H. G. Lignin as a marker in digestion studies: a review. **Journal of Animal Science**, v. 57, n.01, p.220-225, 1983.
- FAHEY Jr., G. C.; BERGER, L. L. Carbohydrate nutrition of ruminants. In: CHURCH, D. C., (Ed.). **The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition**. New Jersey, Prentice Hall, 1988. Cap.14, p.269-297.

- FARIA, V. P. Evolução no uso de capim elefante: uma visão histórica. In: PEIXOTO, A. M., et. al. (Ed). **MANEJO DO CAPIM ELEFANTE**, 10, Piracicaba, 1994. **Anais**. Piracicaba, FEALQ, p.19-46, 1994.
- FIRKINS, J. L. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 07, p. 1426-1437, 1997.
- FRIGGENS, N. C.; EMMANS, G. C.; KYRIAZAKIS, I.; OLDHAM, J. D.; LEWIS, M. Feed intake relative to stage of lactation for dairy cows consuming total mixed diets with a high or low ratio of concentrate to forage. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 08, p. 2228-2239, 1998.
- GALLIARD, T. Starch: properties and potencial. Critical reports on. **Applied Chemistry**, v.13, 1987.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. Forage fiber analyses (Apparatus, reagents, procedures and some applications). **Agriculture Handbook**, Washington D.C.: Agricultural Research Service, p.19,1970.
- GORDON, A. J.; NEUDOERFFER, T. S. Chemical and "in vivo" evaluation of a brown midrib mutant of *Zea mays*. I. Fibre, lignin and amino acid composition and digestibility for sheep. **Journal of Science of Food and Agricultural**, v.24, p.565-577, 1973.
- GORDON, A. J. The chemical structure of lignin and quantitative and qualitative methods of analysis in foodstuffs. In: **Tropics in Dietary Fiber Research**. APILLER, G. A. (Ed), New York, NY, p.59-82, 1977.
- GUIDI, M. T. Efeito de teores e fontes de proteína sobre o desempenho de vacas de leite e digestibilidade dos nutrientes. Piracicaba, 1999. 89p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

- GUILBOT, A.; MERCIER, C. Starch in the polisaccharaides. Vol. 3. ASPINALL, G. O. (Ed). Academic Press. Orlando, FL, 1985.
- HARMINSON, B.; EASTRIDGE, M. L.; FIRKINS, J. L. Effect of percentage of dietary forage neutral detergent fiber and source of starch on performance of lactating Jersey cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 05, p.905-911, 1997.
- HILLESHEIM, A. M. Fatores que afetam o consumo e perdas de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) sob pastejo. Piracicaba, 1987. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- HILLESHEIM, A. Manejo do gênero *Pennisetum* sob pastejo. In: PEIXOTO, A. M., et. al. (Ed). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 9, Piracicaba, 1988. **Anais**. Piracicaba, FEALQ, p.77-108, 1988.
- HILLESHEIM, A. Manejo do capim elefante: corte. In: . PEIXOTO, A. M., et. al. (Ed). MANEJO DO CAPIM ELEFANTE, 10, Piracicaba, 1994. **Anais**. Piracicaba, FEALQ, p.117-142, 1994.
- HOFFMAN, L. D.; FALES, S. L.; HOLDEN, L. A. Quality evaluation and concentrate supplementation of rotational pasture grazed by lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.76, n. 09, p. 2651-2663, 1993.
- HONGERHOLT, D.D & MULLER, L. D. Supplementation of rumen-undegradable protein to diets of early lactation holstein cows on grass pasture. **Journal of Dairy Science**, v.81, n. 08, p.2204-2214, 1998.
- HOOVER, C. W.; STOKES, S. R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, v.74, n. 10, p.3630-3644, 1991.

- HUBER, J. T.; HERRERA-SALDANHA, R. Synchrony of protein and energy supply to enhance fermentation. In: **Principles of Protein Nutrition of Ruminants**. ASPLUND, J. M. C.R.C. Press, Boca Raton, Florida, 1994.
- HUNTINGTON, G. B.; PRIOR, R. L.; BRITTON, R. A. Glucose and lactate absorption and metabolic interrelationships in steers changed from low to high concentrate diets. **Journal of Nutrition**, v. 111, p.1164, 1981.
- HUNTINGTON, G. B. Ruminant starch utilization progress has been extensive. **Feedstuffs**, June, 6, p.35, 1994.
- HUNTINGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, v. 75, n.03, p.852-867, 1997.
- JENNY, B. F.; POLAN, C. E.; THYE, F. W. Effects of high grain feeding and stage of lactatio on serum insulin, glucose and milk fat percentage in lactating cows. **Journal of Nutrition**, v.104, p.379, 1975.
- JONES-ENDSLEY, J. M.; CECAVA, M. J.; JOHNSON, T. R. Effects of dietary supplementation on nutrient digestion and the milk yield of intensively grazed lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, n. 12, p.3283-3292, 1997.
- JOY, M. T.; De PETERS, J.; FADEL, J. G.; ZINN, R. A. Effects of corn processing on the site and extent of digestion in lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n.08, p.2087-2097, 1997.
- JUNG, H. J. G.; FAHEY, G. C.; MERCHEN, N. R. Effects of ruminant digestion and metabolism on phenolic monomers of forages. **British Journal of Nutrition**, v. 50, p. 637-651, 1983.

- KANE, E. A.; JACOBSON, W. C.; MOORE, L. A. A comparison of techniques used in digestibility studies with dairy cattle. **Journal of Nutrition**, v. 41, p.583-596, 1950.
- KHALILI, H.; SAIRANEN, A. Effect of concentrate type on rumen fermentation and milk production of cows at pasture. **Animal Feed Science and Technology**, v.84, p. 199-212, 2000.
- KHORASANI, G. R.; BOER, G.; KENNELLY, J. J. Response of early lactation cows to ruminally undegradable protein in the diet. **Journal of Dairy Science**, v. 79, n. 03, p. 446-453, 1996.
- KOLVER, E.; MULLER, L. D.; VARGA, G. A.; CASSIDY, T. J. Synchronization of ruminal degradation of supplemental carbohydrate with pasture nitrogen in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 07, p. 2017-2028, 1998.
- KRISHNAMOORTHY, U. C.; MUSCATO, T. V.; SNIFFEN, C. J.; VAN SOEST, P. J. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. **Journal of Dairy Science**, v. 65, n. 01, p. 217, 1982.
- LIPPKE, H.; ELLIS, W. C.; JACOBS, B. S. Recovery of indigestible fiber from feces of sheep and cattle on forage diets. **Journal of Dairy Science**, v. 69, n.02, p. 403-412, 1986.
- LOZANO, O.; THEURER, C. B.; ALIO, A.; HUBER, J. T.; DELGADO-ELORDUY, A.; CUNEO, P.; DeYOUNG, D.; SADIK, M.; SWINGLE, R.S. Net absorption and hepatic metabolism of glucose, L-lactate, and volatile fatty acids by steers fed diets containing sorghum grain processed as dry-rolled or steam-flaked at different densities. **Journal of Animal Science**, v.78, n. 6, p.1364-1371, 2000.

- LYKOS, T.; VARGA, G. A.; CASPER, D. Varying degradation rates of total nonstructural carbohydrates: Effects on ruminal fermentation, blood metabolites and milk production and composition in high producing holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, n. 12, p.3341-3355, 1997.
- MABJEESH, S. J.; ARIELI, A.; BRUCKENTAL, I.; ZAMWELL, S.; TAGARI, H. Effect of type of protein supplementation on duodenal amino acid flow and absorption in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 79, n. 10, p. 1792-1801, 1996.
- McALLISTER, T. A.; BAE, H. D.; JONES, G. A.; CHUNG, K. J. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. **Journal of Animal Science**, v. 72, n.11, p.3004, 1994.
- MENEZES JUNIOR, M. P. Efeito do processamento do grão de milho e sua substituição parcial por polpa de citros peletizada sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes e parâmetros sanguíneos de vacas de leite. Piracicaba, 1999. 97p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- MERTENS, D.R. Nonstructural and structural carbohydrates. In: VAN HORN, H. H.; WILCOX, C. J. (Ed.). **Large Dairy Herd Management**. Champaign, 1992, cap. 25, p.219-235.
- MERTENS, D. R. Kinetics of cell wall digestion and passage in ruminants. In: JUNG, H. G. et. al. (Ed). **Forage Cell Wall Structure and Digestibility**. Madison, 1993.. ASA, CSSA, SSSA, Madison, cap. 21, p. 535-570,1993.

- MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 07, p. 1463-1481, 1997.
- MILLER, T. K.; HOOVER, W. H.; POLAND, W. W.; WOOD, R. W.; THYNE, T. V. Effects of low and high fill diets on intake and milk production in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 73, n. 09, p.2453-2459, 1990.
- MIR, Z.; MIR, P. S. Effect of the addition of live-yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth and carcass quality of steers fed high grain diets and on feed digestibility and in situ degradability. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 03, p. 537-545, 1994.
- MOULD, F. L.; ORSKOV, E. R.; MANN, S. O. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis "in vivo" and dry matter digestion of various roughages. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, p.15-30, 1983.
- MUNTIFERRING, R. B. Evaluation of various lignin assays for determining ruminal digestion of roughages by lambs. **Journal of Animal Science**, v. 55, n.02, p. 432-438, 1982.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Ruminant Nitrogen Usage**, Washington, D.C., 1985. 138p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**, 6th Rev. Ed. Natl. Acad. Sci., Washington, D.C, 1989. 157p.

- NUSSIO, L. G. Effects on NDF levels and ruminally degradable starch on performance, ruminal parameters and in situ degradation of nutrients in lactating dairy cows fed sorghum diets. PhD Dissertation. University of Arizona, Tucson, AZ. 139 p., 1997.
- NUSSIO, L. G.; HUBER, J. T.; THEURER, C. B.; NUSSIO, C. B.; SANTOS, J. E., TARAZON, M. Complete lactation performance of dairy cows fed dry rolled (DR) or steam flaked (SF) sorghum at two NDF levels. **Journal of Dairy Science**, v.80 (suppl. 1), abstract 211, 1997.
- OBA, M.; ALLEN, M. S. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n.03, p. 589-596, 1999.
- OKINE, E. K.; KHORASANI, G. R.; KENNELLY, J. J. Effects of cereal grain silages versus alfalfa silage on chewing activity and reticular motility in early lactation cows. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 05, p. 1315-1325, 1994.
- OKINE, E. K.; KHORASANI, G. R.; KENNELLY, J. J. Effects of source of forage and level of concentrate on chewing activity and milk production response in late lactation cows. **Canadian Journal of Animal Science**, v.77, n. 01, p. 253-258, 1997.
- OLIVEIRA, J. S.; HUBER, J. T.; SIMAS, J. M.; THEURER, C. B.; SWINGLE, R. S. Effect of sorghum grain processing on site and extent of digestion of starch in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.78, n. 06, p.1318, 1995.
- ORSKOV, E. R. Starch digestion and utilization in ruminant. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 06, p. 1624, 1986.

- ORSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v. 92, p.499-503, 1979.
- OWENS, F. N.; ZINN, R. A.; KIM, Y. K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, v.63, n. 06, p. 1634, 1986.
- OWENS, F. N.; GOETSCH, A. L. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D. C., (Ed.). **The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition**. New Jersey, Prentice Hall, 1988. Cap. 8, p. 145-171, 1988.
- OWENS, F. N.; ZINN, R. Protein metabolism of ruminant animals. In: CHURCH, D. C., (Ed.). **The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition**. New Jersey, Prentice Hall, 1988. Cap. 12, p. 227-249, 1988.
- PALMQUIST, D. L.; CONRAD, H. R. Origin of plasma fatty acids in lactating cows fed high grain fat diets. **Journal of Dairy Science**, v. 54, n. 08, p. 1025, 1971.
- PEDREIRA, J. V.; WERNER, J. C.; ROCHA, G. L.; CINTRA, B. Estudos preliminares de introdução de plantas forrageiras no sul do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGENS, 9., São Paulo, 1965. **Anais**. São Paulo, p. 1537-1541.
- PERES, J. R. Avaliação da polpa de citros seca e peletizada como aditivo na ensilagem do capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum). Piracicaba, 1997. 82p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

- PLASCENCIA, A.; ZINN, R. A. Influence of flake density on the feeding value of steam-processed corn in diets for lactating cows. **Journal of Animal Science**, v.74, n. 02, p. 310-316, 1996.
- POLAN, C. E. Protein and amino acids for lactating cows. In: VAN HORN, H. H; WILCOX, C. J. (Ed). **Large Dairy Herd Management**.. Champaign, 1992. Cap. 26, p. 236-247.
- POORE, M. H.; ECK, T. P.; SWINGLE, R.S.; THEURER, C. B. Total starch and relative starch availability of feed grains. **20th Biennial Conference on Rumen Function**, Chicago, 1989. Abstr. 35, 1989.
- POORE, M. H.; MOORE, J. A.; ECK, T.P.; SWINGLE, R.S.;THEURER, C. B. Effect of fiber source and ruminal starch degradability on site and extent of digestion in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 08, p. 2244-2253, 1993.
- PORTER, P. Lignin as an inert marker in studies of ruminant digestion. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 24, p.vi-vii, 1965.
- PORTER, P.; SINGLETON, A. G. The degradation of lignin and quantitative aspects of ruminant digestion. **British Journal of Nutrition**, v.5, p.3-14, 1971.
- PROSPERO, A. O. Variação estacional da composição química-bromatológica do teor de macronutrientes minerais e da digestibilidade "in vitro" do capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) variedade napier. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v. 29, p. 81-93, 1972.
- REIS, R. B. Grain supplementation for grazing dairy cows. PhD Dissertation. University of Wisconsin, Madison, 1998.

- ROBINSON, P. H.; McQUEEN, R. E. Influence of level of concentrate allocation and fermentability of forage fiber on chewing behavior and production of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 04, p. 681-691, 1997.
- RODE, L. M.; WEAKLEY, D. C.; SATTER, L. D. Effect of forage amount and particle size in diets of lactating dairy cows on site of digestion and microbial protein synthesis. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 65, n. 01, p.101, 1985.
- RODRIGUES, P.H.M. Efeitos dos níveis de monensina e proporções volumosos/concentrados na ração sobre a utilização dos alimentos e parâmetros da fermentação ruminal em animais ruminantes. Piracicaba, 2000. 169p. Dissertação (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- RULQUIN, H.; VERITÉ, R. Amino acid nutrition of dairy cows: Productive effects and animal requirements. In: GARNSWORTHY, P. C.; COLE, D. J. A. (Ed). **Recent Advances in Animal Nutrition**. Nottingham: Univ. Press., p.55, 1993.
- RUSSEL, J. B.; HESPELL, R. B. Microbial rumen fermentation. **Journal of Dairy Science**, v. 64, n. 06, p. 1153-1169, 1981.
- RUSSEL, J. B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D.G.; VAN SOEST, P.J.; SNIFFEN, C. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p.3551-3561, 1992.

- SANTOS, F. A. P. Conceitos atuais de nutrição proteica. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. de (Ed). CONFINAMENTO DE BOVINOS. 9. 1996, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba. FEALQ. 1996. p. 51-68.
- SANTOS, F. A. P.; HUBER, J. T.; THEURER, C. B. et. al. Response of lactating cows to various densities of sorghum grain. **Journal of Dairy Science**, v.75, n. 08, p.1681-1685, 1997.
- SANTOS, F. A. P.; HUBER, J. T. Quality of bypass proteins fed to high-producing cows is important. **Feedstuffs**, v.68, n.34, p.12-15, 1996.
- SANTOS, F. A. P.; SANTOS, J. E. P.; THEURER, C. B.; HUBER, J. T. 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.
- SANTOS, F. A. P.; HUBER, J. T.; THEURER, C. B.; SWINGLE, R. S.; SIMAS, J. M.; CHEN, K. H.; YU, P. Milk yield and composition of lactating cows fed steam-flaked sorghum and graded concentrations of ruminally degradable protein. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 01, p. 215-220, 1998.
- SANTOS, J. E. P.; HUBER, J. T.; THEURER, C. B.; NUSSIO, L. G.; TARAZON. M.; SANTOS, F. A. P. Response of lactating dairy cows to steam-flaked sorghum, steam-flaked corn, or steam-rolled corn and protein sources of differing degradability. **Journal of Dairy Science**, v.82, n. 04, p. 728-737, 1999.
- SAS. Users Guide: Statistics, version 5 edition. SAS Inst., Inc., Cary, NC. 1991.

- SCHWAB, C. G. Optimizing amino acid nutrition for optimum yields of milk and milk protein. **Proceedings Southwest Nutrition Management Conference**. University of Arizona, Tucson, p.114, 1994.
- SIMAS, J. M. Effect of sorghum grain processing and fat supplementation on performance and nutrient utilization in lactating dairy cows. PhD dissertation. The University of Arizona, 1995.
- SIMAS, J. M. Processamento de grãos para rações de vacas leiteiras. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. de (Ed). CONFINAMENTO DE BOVINOS. 9. 1996, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba. FEALQ. 1996. p.07-32.
- SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSEL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n. 11, p.3562-3577, 1992.
- SORIANO, F. D., POLAN, C. E.; MILLER, C. N. Milk production and composition, rumen fermentation parameters, and grazing behavior of dairy cows supplemented with different forms and amounts of corn grain. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 07, p. 1520-1529, 2000.
- SPAIN, J. N. & POLAN, C. E. Evaluating effects of fish meal on milk fat yield of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 05, p. 1142-1153, 1995.
- STENSIG, T & ROBINSON, P. H. Digestion and passage kinetics of forage fiber in dairy cows is affected by fiber-free concentrate in the diet. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n.07, p. 1339-1352, 1997.

- STERN, M. D. Evaluation of chemical and physical properties of feeds that affect protein metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.77, n. 09, p.2762-2786, 1994.
- SUTTON, J. D.; BINES, J. A.; MORATI, S. V.; NAPPER, D. J. A comparison of starch and fibrous concentrate for milk production, energy utilization and hay intake by friesland cows. **Journal of Agricultural Science**, v.109, p. 375-386, 1987.
- TAMMINGA, S.; ROBINSON, P. H.; MEIJS, S.; BOER, H. Feed components as internal markers in digestion studies with dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 27, p. 49-57, 1989.
- TEETER, R. G.; OWENS, F. N.; MADER, T.L. Ytterbium chloride as a particulate marker in the rumen. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 02, p. 465, 1984.
- TILLEY, J. M.A.; TERRY, R. A. A two stage technique for the "in vitro" digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, v. 18, p.104, 1963.
- THEURER, C. B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 63, p.1649-1662, 1986.
- THEURER, C. B.; HUBER, J. T.; ELORDUY, A. D. Steam-flaking improves starch utilization and milk production parameters. **Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers**. 58th meeting, Rochester, NY, p.121-130, 1996.

- THEURER, C. B.; HUBER, J. T.; DELGADO-ELORDUY, A.; WANDERLEY, R. Invited Review: Summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.82, n. 09, p. 1950-1959, 1999.
- THURSTON, B.; DAWSON, K. A.; STROBEL, H. J. Pentose utilization by the ruminal bacterium *Ruminococcus albus*. **Applied and Environmental Microbiology**. April, p. 1087-1092, 1994.
- UNDERSANDER, D.; MERTENS, D.R.; THIEX, N. Forage analyses procedures. Omaha, NE. National Forage Testing Association, 1993. 153 p.
- VICENTE-CHANDLER, J.; CARO-COSTAS, R.; PEARSON, R. W.; ABRUÑA, F.; FIGARELA, J.; SILVA, S. The intensive management of tropical forages in Puerto Rico. Puerto Rico, Agric. Exp. Sta. Univ. Puerto Rico, 1964. 152p.
- VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. **Journal of the Association of Official Agricultural Chemists**, v. 46, p. 829-835, 1963.
- VAN SOEST, P. J. **Nutrition ecology of the ruminants**. Corvallis: O & Books, 1982. 373p.
- VAN SOEST, P. J. **Nutrition ecology of the ruminants**. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- WEISS, W. P. Estimation of digestibility of forages by laboratory methods. In: Fahey Jr. (Ed). **Forage quality evaluation and utilization**. 1994.

- WU, Z.; SLEIMAN, F. T.; THEURER, C. B.; SANTOS, F. A. P.; SIMAS, J. M.; FRANCOLIN, M.; HUBER, J. T. Effect of isocaloric infusion of glucose in the rumen or propionate in the duodenum. **Journal of Dairy Science**, v.77, p. 1566, 1994.
- YEO, Y. Efeito da maturidade do capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) variedade napier, sobre a produção e o seu valor nutritivo. Piracicaba, 1977, 96p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- YU, P. Effect of corn grain processing on lactational performance, nutrient utilization and metabolism in dairy cows. PhD. dissertation. University of Arizona, Tucson, 1996.
- YU, P.; HUBER, J. T., THEURER, C. B. et. al. Effects of steam-rolled corn with or without *Aspergillus oryzae* in the diet on performance of dairy cows fed during hot weather. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 12, p.3293-3297, 1997.
- YU, P.; HUBER, J. T.; SANTOS, F. A. P. et al. Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 03, p. 777-783, 1998.
- ZERBINI, E.; POLAN, C. E.; HERBEIN, J. H. Effect of dietary soybean meal and fish meal on protein digesta flow in holstein cows during early and midlactation. **Journal of Dairy Science**, v. 71, n. 05, p. 1248-1258, 1988.