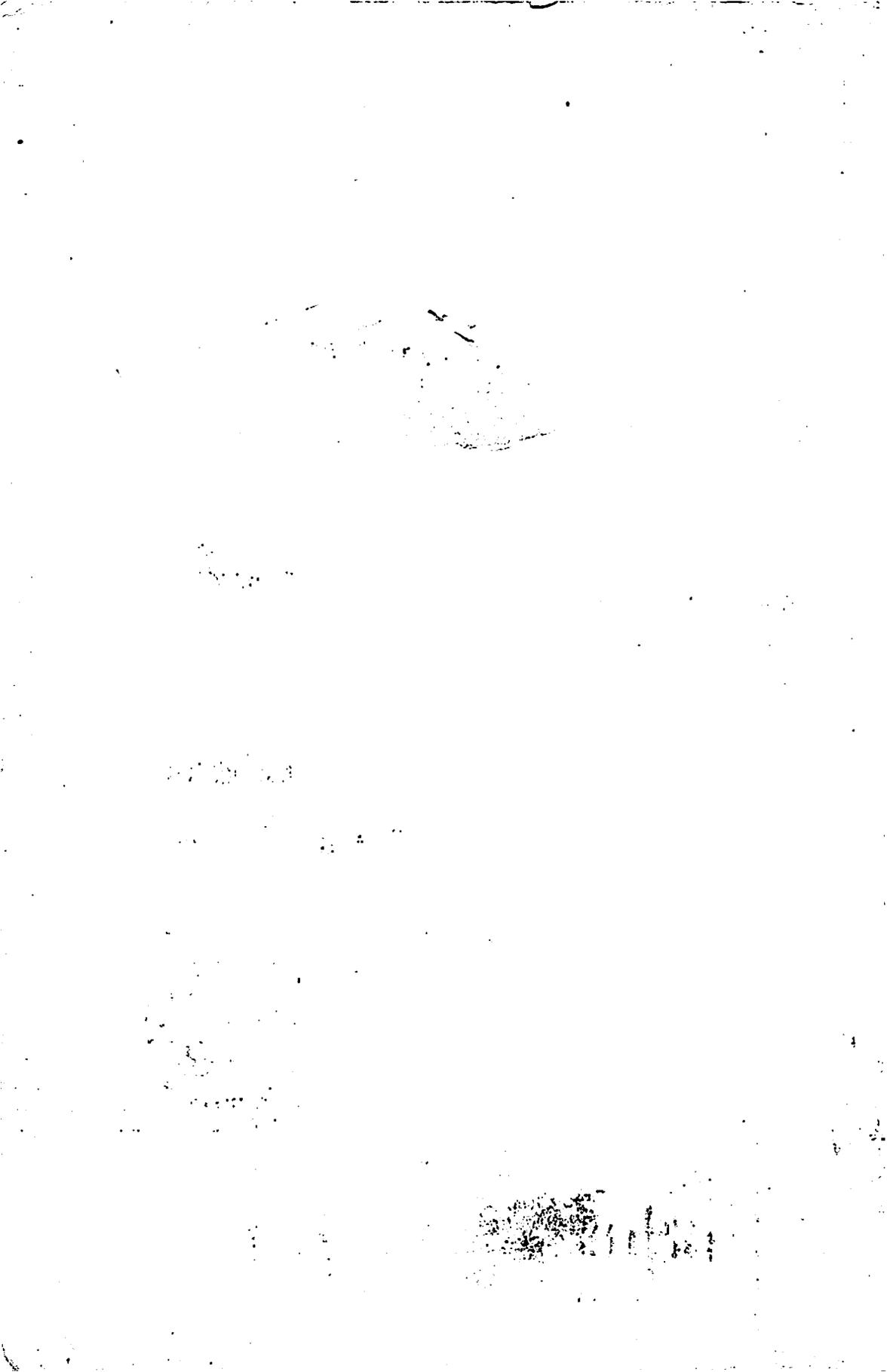


**CINÉTICA DA DIGESTÃO RUMINAL  
*IN SITU* E *IN VITRO* DE ALIMENTOS  
CONCENTRADOS E VOLUMOSOS EM  
RUMINANTES DE DIFERENTES  
GRUPOS GENÉTICOS**

**INGRID ROBLES MORON**

1999



46516

1316/MFN

**INGRID ROBLES MORON**

**CINÉTICA DA DIGESTÃO RUMINAL *IN SITU* E *IN VITRO* DE  
ALIMENTOS CONCENTRADOS E VOLUMOSOS EM RUMINANTES  
DE DIFERENTES GRUPOS GENÉTICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Doutorado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de "Doutor".

Orientador

Prof. Júlio César Teixeira

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

1999

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Moron, Ingrid Robles

Cinética da digestão ruminal *In Situ* e *In Vitro* de alimentos concentrados e volumosos em ruminantes de diferentes grupos genéticos / Ingrid Robles Moron. – Lavras : UFLA, 1999.

191p. : il.

Orientador: Júlio César Teixeira.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Avaliação de alimento. 2. Forragem. 3. Degradação ruminal. 4. Bovino. 5. Caprino. 6. Ovíno. 7. *In Situ*. 8. *In Vitro*. 9. Concentrado. 10. Grupo genético. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-636.0855

**INGRID ROBLES MORON**

**CINÉTICA DA DIGESTÃO RUMINAL *IN SITU* E *IN VITRO* DE  
ALIMENTOS CONCENTRADOS E VOLUMOSOS EM RUMINANTES  
DE DIFERENTES GRUPOS GENÉTICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Doutorado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de “Doutor”.

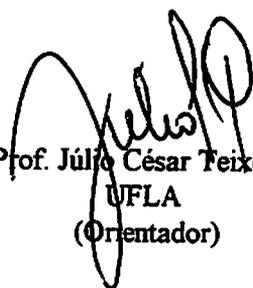
**APROVADA em 25 de fevereiro de 1999**

**Prof. Juan Ramon O. Perez**

**Prof. Paulo César de A. Paiva**

**Prof. Joel Augusto Muniz**

**Dr. Duarte Vilela**



**Prof. Júlio César Teixeira**  
UFLA  
(Orientador)

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL**

*Aos meus pais, Manuel e Érica.*

*Que devotaram suas vidas em prol da minha formação pessoal e profissional.*

*A minha irmã Alice.*

*A vocês dedico com carinho mais esta conquista, como forma de reconhecimento por tudo quanto sempre recebi.*

*Ao Orientador, Prof. Júlio César Teixeira,*

*pela confiança em mim depositada, pela orientação, saudável convívio e principalmente pelo apoio nos momentos em que mais precisei,*

*Minha amizade, carinho e gratidão.*

*"A verdadeira educação consiste em por á descoberto  
o melhor de uma pessoa"*

*(Mahatma Gandhi)*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras - UFLA, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa e recursos para a realização do projeto.

Ao Departamento de Zootecnia, pelo apoio na realização dos experimentos.

Ao Professor Júlio César Teixeira, pela dedicação e confiança durante a realização de todas as atividades profissionais.

Aos Professores Juan Ramon Olalquiaga Perez e Antônio Ricardo Evangelista pela amizade e sugestões.

Aos Professores Joel Augusto Muniz e Paulo César de Aguiar Paiva, que contribuíram para o enriquecimento dos meus conhecimentos.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia, pelos ensinamentos transmitidos.

Ao Prof. Júlio Silvio de Silva Bueno Filho pelo auxílio nas análises estatísticas.

Ao pesquisador da EMBRAPA-CNPGL, Dr. Duarte Vilela, pela contribuição na elaboração final deste trabalho.

A todos funcionários do Departamento de Zootecnia e em especial a José Geraldo Vilas Boas, Márcio Santos Nogueira, Suelba Ferreira de Souza e José Geraldo Virgílio, pela colaboração na realização das atividades de campo e laboratoriais.

A todos funcionários da Biblioteca pela simpatia e presteza.

Aos alunos do curso de Zootecnia, Marcelo, Adriano, Beatriz, Rodrigo, Flavia e Bele pela inestimável colaboração na condução dos experimentos e análises laboratoriais.

As amigas Virgínia e Elizabete, pelo apoio e amizade.

Aos colegas, Willibalde, Murgas, Luciana, Luís, Roseli, Rosane, Sidenei, Lúcia, Ademir, Inês, Vera, Robson, Carla, Gustavo, Wladimir, Adauto e Elaine pelo bons momentos compartilhados.

Agradecimento especial aos colegas Kleber, Euclides, Idalmo, Iraides e Edson, pela amizade e pela colaboração.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, ou que me acompanharam durante estes anos, minha eterna gratidão.

# SUMÁRIO

	Página
LISTA DE SÍMBOLOS .....	i
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
CAPÍTULO 1.....	01
1 Introdução geral.....	02
2 Referencial teórico.....	04
2.1 Técnicas para avaliação da degradabilidade ruminal.....	04
2.1.1 Técnica <i>in vitro</i> Tilley e Terry (1963).....	06
2.1.2 Técnica de degradação <i>in situ</i> .....	11
2.1.2.1 Aspectos relacionados aos sacos.....	13
2.1.2.2 Preparo e manipulação da amostra.....	16
2.1.2.3 Animal.....	19
2.1.2.4 Modelos utilizados para estudar a degradação dos alimentos no rúmen.....	21
2.2 Aplicação das técnicas <i>in vitro</i> e <i>in situ</i> .....	25
3 Metodologia geral.....	28
3.1 Local e condições climáticas.....	28
3.2 Experimentos.....	28
3.3 Animais, alimentação e manejo.....	29
3.4 Alimentos utilizados nas incubações <i>in vitro</i> e <i>in situ</i> .....	29
3.5 Preparo das amostras para as incubações.....	31
3.5.1 Determinação do tamanho das partículas após moagem.....	31

4 Referências bibliográficas.....	34
<b>CAPÍTULO 2 Cinética da degradação ruminal da matéria seca de alimentos concentrados e volumosos através das técnicas <i>in vitro</i> e <i>in situ</i>.....</b>	<b>44</b>
1 Resumo.....	45
2 Abstract.....	46
3 Introdução.....	47
4 Referencial teórico.....	48
4.1 Técnicas <i>in vitro</i> e <i>in situ</i> .....	48
5 Material e métodos.....	50
5.1 Local e animais.....	50
5.2 Experimentos.....	50
5.3 Descrição da técnica <i>in situ</i> .....	50
5.4 Descrição da técnica <i>in vitro</i> .....	52
5.5 Ordem das incubações.....	54
5.6 Análises bromatológicas.....	54
5.7 Procedimento experimental.....	54
6 Resultados e discussão.....	56
7 Conclusões.....	75
8 Referências bibliográficas.....	76
<b>CAPÍTULO 3 Cinética da degradação ruminal <i>in situ</i> da matéria seca e proteína bruta alimentos concentrados em bovinos, caprinos e ovinos.....</b>	<b>79</b>
1 Resumo.....	80
2 Abstract.....	81
3 Introdução.....	82
4 Referencial teórico.....	84
4.1 Degradação dos nutrientes no rúmen.....	84

4.2 Degradação de alimentos concentrados em bovinos, ovinos e caprinos.....	86
5 Material e métodos.....	88
5.1 Local e animais.....	88
5.2 Alimentos avaliados.....	88
5.3 Descrição da técnica <i>in situ</i> .....	88
5.4 Análises bromatológicas.....	90
5.5 Procedimento experimental.....	90
6 Resultados e discussão.....	92
6.1 Matéria seca.....	92
6.2 Proteína bruta.....	104
7 Conclusões.....	116
8 Referências bibliográficas.....	117
<b>CAPÍTULO 4 Cinética da degradação ruminal <i>in situ</i> da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro e ácido de alimentos volumosos em bovinos, caprinos e ovinos.....</b>	<b>121</b>
1 Resumo.....	122
2 Abstract.....	123
3 Introdução.....	124
4 Referencial teórico.....	125
4.1 Degradação dos nutrientes no rúmen.....	125
4.2 Diferenças entre grupos genéticos quanto a degradação dos alimentos no rúmen.....	128
5 Material e métodos.....	133
5.1 Local e animais.....	133
5.2 Alimentos avaliados.....	133
5.3 Descrição da técnica <i>in situ</i> .....	133

5.4 Análises bromatológicas.....	135
5.5 Procedimento experimental.....	135
6 Resultados e discussão.....	137
6.1 Matéria seca.....	137
6.2 Proteína bruta.....	147
6.3 Fibra em detergente neutro.....	157
6.4 Fibra em detergente ácido.....	167
7 Conclusões.....	178
8 Referências bibliográficas.....	179
ANEXOS.....	186

## LISTA DE SÍMBOLOS

FMI.....	Fubá de milho
FSJ.....	Farelo de soja
FTR.....	Farelo de trigo
FCA.....	Farinha de carne
FAG.....	Farelo de algodão
FAL.....	Feno de alfafa
CGO.....	Capim gordura
CNA.....	Capim napier
FCC.....	Feno de coast cross
NE.....	Fêmeas da raça nelore
HO.....	Fêmeas da raça holandesa
JE.....	Fêmeas da raça jersey
CA.....	Cabras sem raça definida
OV.....	Ovelhas sem raça definida
IS.....	Técnica <i>in situ</i>
IV.....	Técnica <i>in vitro</i>
DIVMS.....	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca
DEMS.....	Degradabilidade efetiva da matéria seca
DEPB.....	Degradabilidade efetiva da proteína bruta
DEFDN.....	Degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro
DEFDA.....	Degradabilidade efetiva da fibra em detergente ácido
k.....	Taxa de passagem da digesta ao duodeno (%/h)

## RESUMO

MORON, I.R. Cinética da digestão ruminal *in situ* e *in vitro* de alimentos concentrados e volumosos em ruminantes de diferentes grupos genéticos. Lavras: UFLA, 1999. 191p. (Tese de Doutorado em Nutrição de Ruminantes)\*

Dada a importância da avaliação de alimentos para a elaboração de dietas apropriadas e considerando possíveis diversidades na capacidade dos ruminantes na degradação ruminal dos alimentos, o presente trabalho foi conduzido com o propósito de avaliar uma técnica *in vitro*, bem como de detectar possíveis diferenças entre grupos genéticos quanto à degradação ruminal *in situ* de alimentos concentrados e volumosos. Os experimentos foram conduzidos no Setor de Bovinos Leiteiros do Departamento de Zootecnia da UFLA-MG utilizando-se 15 fêmeas não lactantes e não gestantes fistuladas no rúmen, sendo três da raça nelore, três da raça holandesa, três da raça jersey, três cabras e três ovelhas sem raça definida. Foram avaliados nove alimentos (fubá de milho, farelo de soja, farelo de algodão, farelo de trigo, farinha de carne, capim napier, capim gordura, feno de alfafa e feno de coast cross). O primeiro experimento objetivou a comparação dos parâmetros cinéticos de degradação ruminal da matéria seca dos alimentos através das técnicas *in situ* e *in vitro*. No segundo experimento foram avaliados, em cinco diferentes grupos genéticos, a cinética de degradação ruminal *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro e ácido dos alimentos. Os resultados mostraram que a técnica *in vitro* não foi apropriada para estimar a degradação da matéria seca dos concentrados. Para os volumosos, sua utilização mostrou-se mais apropriada, mas é necessária a utilização de mais pesquisas para verificar sua aplicação em outros tipos de volumosos. Os grupos genéticos diferiram quanto à degradação dos nutrientes dos concentrados e volumosos sendo, no geral os bovinos superiores a caprinos e ovinos. Caprinos e ovinos mostraram capacidades semelhantes de degradação da matéria seca e proteína bruta dos concentrados, sendo que para os volumosos, a degradação dos nutrientes foi próxima somente para o feno de alfafa. Portanto, a utilização de valores de degradabilidade obtidos com caprinos e ovinos para a formulação de rações para bovinos não parece apropriada.

---

\* Comitê Orientador: Júlio César Teixeira (Orientador), Juan Ramon O. Perez, Paulo César de A. Paiva, Joel Augusto Muniz.

## ABSTRACT

MORON, I.R. Kinetics of degradation ruminal *in situ* and *in vitro* methods for concentrate and roughage feeds in the different ruminants genetic groups. Lavras: UFLA, 1999. 191p. (Thesis of Doctor in Ruminant Nutrition)\*

The feedstuffs evaluation is important in order to elaborate technically rations and considering possible diversities in the capacity of the ruminant in the degradation ruminal of feeds the present work was carried out to evaluate the technical *in vitro* methods, as well as, to investigate the possible differences between genetic groups as degradation ruminal *in situ* of concentrated and roughage feeds. The work was undertaken at the dairy cattle section of the Animal Science Department Department at the University Federal of Lavras (UFLA). The feedstuffs tested were corn meal, soybean meal, wheat bran, cottonseed meal, meat meal, napier grass, *Melinis minutiflora* grass, alfalfa hay and coast cross hay. The first experiment was conducted in order to make a comparison of the kinetic parameters of degradation ruminal of the dry matter of the food by the technical *in situ* and *in vitro* methods. In the second experiment it was studied, in five different genetic groups the kinetics of degradation ruminal *in situ* of the dry matter, crude protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber of feeds. The results shown that *in vitro* degradability method was not adapted to estimate the degradation of the dry matter all concentrated tested. Therefore for the roughage tested this technique was shown more appropriate, but it is necessary the accomplishment of more researches to verify the application possibility in other type of roughage. The genetic groups shown difference in the degradation of the nutrients from concentrates and roughage being, in general, cattle results shown better results in relation of goat and sheep. Sheep and goats were shown similar results in degradation of dry matter and crude protein for all concentrates tested. The degradation results of roughage for sheep and goat, shown similarity only for alfalfa hay. The utilization of degradation values, obtained with goat and sheep should not be technically appropriate to formulate cattle rations.

---

\* Comitê Orientador: Júlio César Teixeira (Orientador), Juan Ramon O. Perez, Paulo César de A. Paiva, Joel Augusto Muniz.



## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A grande capacidade de digestão dos ruminantes habilita-os a converter alimentos fibrosos em produtos úteis para a humanidade, graças ao seu trato digestivo altamente adaptado e especializado à digestão da celulose. A adequada formulação de rações para esses animais compreende a utilização de alimentos que, por um lado, maximizem a fermentação no rúmen, aproveitando a grande capacidade desses animais em degradar carboidratos complexos e, por outro lado, reduzam as perdas devido a fermentação de alimentos de alta qualidade.

A caracterização dos alimentos de acordo com sua composição química e constituição de suas diferentes frações degradáveis ou não no rúmen é o grande objetivo dos nutricionistas para alcançar com êxito o balanceamento de rações que proporcionem nutrientes para o crescimento e desenvolvimento dos microrganismos do rúmen e para o animal. Portanto, técnicas *in vivo*, *in vitro* e *in situ* têm sido utilizadas para determinar o aproveitamento das diferentes frações de carboidratos e proteínas dos alimentos.

Metodologias *in vivo* determinam a degradação dos alimentos pela mensuração da quantidade do nutriente que atinge o abomaso ou duodeno proximal, considerando-se a quantidade do nutriente ingerido. É um método que requer a utilização de muitos animais, grande quantidade de alimento, de tempo e trabalho experimental. Outros métodos referem-se aos procedimentos *in vitro* e *in situ*, nos quais, o alimento é incubado em tubos ou em sacos suspensos no rúmen de animais fistulados em que os microrganismos ou enzimas atuam para estimar o desaparecimento dos nutrientes dos alimentos, sendo ambas extensivamente utilizadas.

Informações obtidas através do uso destas técnicas são encontradas em várias tabelas internacionais, todavia a sua utilização pode não ser satisfatória nos países tropicais, devido às diferenças climáticas que resultam em variações na composição química dos alimentos. Desta forma, considera-se necessário o desenvolvimento de dados de avaliação de alimentos disponíveis em condições tropicais, para fins de formulação de rações mais adequadas para animais nos diversos níveis de produção.

Um grande ponto de interesse e que ultimamente tem recebido a atenção de alguns pesquisadores refere-se a existência de diferenças, na degradação ruminal dos alimentos, entre várias espécies e raças de ruminantes. Apesar de aparentemente possuírem características anatômicas e fisiológicas semelhantes, os ruminantes demonstram diferentes habilidades quanto a seleção de alimentos, mastigação, secreções endógenas, absorção de metabólicos e taxas de passagem pelo rúmen, entre outras, que alteram a fermentação ruminal dos alimentos. Portanto, a extrapolação de resultados obtidos com determinada espécie de ruminante, utilizados para uma outra espécie diferente, poderia ocasionar erros.

Dado a importância da avaliação de alimentos para a elaboração de dietas que proporcionem o melhor desempenho produtivo dos animais e considerando possíveis diversidades na capacidade dos ruminantes na degradação ruminal de alimentos concentrados e volumosos, o presente trabalho foi conduzido com os seguintes objetivos:

- 1) avaliar a primeira fase da técnica *in vitro* (Tilley e Terry, 1963) para estimar a degradação ruminal de alimentos concentrados e volumosos;
- 2) detectar possíveis diferenças entre grupos genéticos quanto aos valores de degradação ruminal de alimentos concentrados e volumosos obtidos através da técnica *in situ*.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Técnicas para avaliação da degradabilidade ruminal

A degradação dos alimentos no rúmen pode ser mensurada por procedimentos com a utilização direta de animais (experimentos *in vivo*), métodos laboratoriais (técnicas enzimáticas, liberação de amônia *in vitro*, liberação de gás *in vitro*, solubilidade, técnica Tilley e Terry) e método *in situ*. Os experimentos *in vivo* exigem a coleta total da digesta do duodeno ou o mensuramento do fluxo duodenal da digesta e são realizados com animais equipados com cânulas reentrantes ou do tipo "T" no abomaso ou duodeno. A cânula "T", utilizada para amostragem da digesta que sai do rúmen e/ou abomaso em determinados tempos, permite a quantificação entre o que foi consumido e não degradado. Nestes experimentos, o nutriente não degradado no rúmen pode ser estimado através da diferença entre o fluxo total do nutriente ao duodeno ou através da cânula ruminal (Susmel, 1995).

A execução da determinação da degradabilidade *in vivo* exige a utilização de marcadores para o cálculo do fluxo da digesta, determinação da proteína microbiana, necessidade da eliminação da proteína endógena, além da manutenção de animais com cânula duodenal com possibilidade do comprometimento da integridade fisiológica das funções digestivas: fatores que constituem fontes de variação e exigem número elevado de animais na avaliação (NRC, 1985).

As técnicas enzimáticas baseiam-se na utilização de enzimas de origem não-bacteriana (pepsina, tripsina, papaina, pronase) de origem bacteriana ou fúngica ou proteases da camada celular de vários microrganismos isolados no rúmen (Russel, Bottje e Cotta, 1981). Tais sistemas oferecem diversas vantagens

em relação aos que utilizam culturas microbianas vivas tais como baixo custo, menor tempo de execução, menor tempo de contaminação do resíduo alimentar e não exige a manutenção de animais fistulados (Nocek, 1988). Entretanto, a especificidade das preparações enzimáticas comerciais em relação a atividade microbiana torna-se um fator importante e limitante do método.

A incubação em meio de cultura apresenta os inconvenientes de eliminar a população aderida à fase particulada no processo de filtração do material, inviabilizar microrganismos sensíveis quando retirados do ambiente ruminal, dificuldades de satisfazer às exigências nutricionais da cultura, variações na natureza do inóculo e apresentar grande número de fases e análises para sua execução (Nocek, 1988; Van Soest, 1994).

Existem vários tipos de metodologias que utilizam o fluido ruminal para estimar a degradação dos alimentos. A liberação de amônia *in vitro*, cuja degradação de fontes protéicas se dá em função da quantidade de amônia liberada durante o processo, é um método relativamente simples que apresenta como inconveniente a possibilidade de incorporação, pelos microrganismos do rúmen, da amônia liberada, já que a proteólise e síntese protéica ocorrem simultaneamente (Van Soest, 1994). Alguns autores (Broderick, 1987; Hristov e Broderick, 1994; Klopfenstein, Klemesrud, Herold, 1995) têm proposto modificações na metodologia para a superação de tais entraves.

Outra metodologia muito aplicada recentemente é a técnica de produção de gás *in vitro* que consiste na mensuração da pressão de gás ou do volume deslocado, resultante da fermentação de substratos solúveis e insolúveis (Pell e Schofield, 1993). Segundo os autores, a produção de gás, quando não existe limitação de nutrientes no meio, reflete o crescimento microbiano e pode ser utilizada para determinar a importância de cada fração do substrato em fornecer energia aos microrganismos, além de determinar quais compostos inibem a

atividade microbiana. A produção de gás *in vitro* é um método barato, simples e prático, apresentando pequena variação entre as mensurações, podendo ser utilizado como técnica de rotina (Malafaia et al., 1996 ab; Malafaia, 1997; Campos et al., 1996).

A solubilidade em solventes para determinar a degradabilidade ruminal dos alimentos também tem sido muito estudada. Vários solventes têm sido empregados na determinação do nitrogênio (água, solução tampão, saliva artificial, etanol, líquido ruminal autoclavado) e carboidratos solúveis (extração por água quente ou hidrólise ácida com extração por água fria) dos alimentos. Segundo Nocek (1988), os valores para o nitrogênio e carboidrato solúveis para um mesmo alimento variam com o solvente, tornando difícil a seleção apropriada de um solvente além da existência de várias frações de nitrogênio e carboidratos no alimento que variam na degradação em relação a quantidade do nutriente.

### 2.1.1 Técnica *in vitro* Tilley e Terry (1963)

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) é determinada através da incubação de um alimento na presença de inóculo ruminal e solução tampão. O primeiro relato da sua utilização data de 1919 e desde então, as técnicas *in vitro* têm sido pesquisadas e modificadas extensivamente. Muitas das pesquisas pioneiras foram conduzidas entre 1940 a 1950 (Johnson, 1963). O maior avanço das técnicas *in vitro* veio com o desenvolvimento do procedimento de dois estágios por Tilley e Terry (1963), daí por diante, várias modificações têm sido introduzidas para a maior precisão. Essas modificações incluem: (1) mudança do meio tampão, resultando em um pH de 6,8-7,0 durante a primeira fase de 48h, eliminando a necessidade de ajustamento do pH durante a fermentação e acidificação ao final do período. (2) encurtamento do período de incubação como

pepsina de 48h para 24h, reduzindo o tempo necessário para estimar a DIVMS (Weiss, 1994).

A técnica de digestibilidade *in vitro* proposta por Tilley e Terrey (1963) tem sido largamente utilizada para prever a digestibilidade *in vivo* de forragens. Para a condução da técnica, a reprodução das condições reinantes no rúmen-retículo tais como: pH = 6,9, poder tampão, temperatura de 39°C, anaerobiose e presença de microrganismos devem ser seguidas de forma a garantir a fermentação do alimento teste. Apesar de sua extensa utilização, existe uma grande variação, dentro e entre laboratórios (Tabela 1), quanto aos procedimentos analíticos adotados.

A fonte do inóculo exerce a maior influência sobre a precisão dos valores obtidos com a técnica *in vitro*, sendo que os fatores que afetam estes valores incluem: espécie do animal, método de coleta do inóculo, momento de coleta em relação a alimentação do animal e, provavelmente o mais importante, a dieta fornecida ao animal (Weiss, 1994).

**TABELA 1** Diferenças nos procedimentos analíticos utilizados dentro de cada laboratório

<b>Procedimento</b>	<b>Varição entre laboratórios<sup>1</sup></b>
Granulometria da amostra	0,8 a 1,0mm
Quantidade de amostra	0,5 a 1,0g
Recipiente incubatório	Tubos de centrífuga, erlenmeyer (125 ml), vidro âmbar (100 ml)
Meio de aquecimento	Banho-maria, estufa
Proporção saliva : líquido ruminal	10:40; 25:25
Agitação durante a incubação	Contínua, 3 a 4 vezes/dia, 2 a 3 vezes/dia
Filtração do inóculo	Gaze dobrada em 2, 4 e 8 camadas
Término da fermentação	Centrifugação e adição de ácido, ausência de centrifugação e adição de ácido

1 - Adaptado de vários autores

O inóculo ruminal típico provém do fluido ruminal após filtragem com gaze, entretanto, alguns resultados indicam que a população no fluido pode ser constituída de somente 20 a 30% dos organismos ruminais (Craig, Broderick e Ricker, 1983) sendo que 70 a 80% da matéria seca microbiana permanece com o resíduo da partícula. O inóculo composto por partículas sólidas e fluido tem uma digestão mais rápida e produz um padrão de ácidos graxos voláteis similar ao *in vivo* devido ao maior número e atividade enzimática dos microrganismos associados com as partículas. Apesar disso, a utilização do inóculo total não é

praticável na maioria dos casos pela dificuldade na sua distribuição e aumento do número de brancos para o substrato em estudo (Craig et al., 1984).

A espécie do animal doador pode afetar a precisão dos valores obtidos com a digestibilidade *in vitro*. Horton, Christensen e Steacyl (1980), citados por Weiss (1994), relataram que quando os animais doadores foram alimentados com palha de trigo ou uma mistura de alfafa e cevada (1:1), o fluido ruminal de ovinos produziu valores de DIVMS mais altos em relação aos obtidos com bovinos. Quando esses animais receberam um feno de qualidade média (gramínea e leguminosa), o fluido ruminal do bovino apresentou maiores valores em relação ao do ovino. De modo contrário, Grant, Van Soest e McDowell (1974) relataram que os valores de DIVMS foram similares quando o fluido ruminal foi coletado de búfalos, gado Europeu (*Bos taurus*) e zebu (*Bos indicus*).

Quanto ao método de extração do líquido ruminal, que pode ser realizado de forma manual, através de bomba à vácuo, sonda nasoesofageana e sonda esofageana (Oliveira et al., 1993), o importante é que, em qualquer caso, o líquido seja retirado nos diferentes compartimentos do rúmen, assegurando que uma parte seja obtida da região ventral anterior (Ruiz e Ruiz, 1990).

Existem vantagens e desvantagens quando ao método de coleta. O método que utiliza sonda apresenta alguns aspectos positivos, ou seja, possibilidade da obtenção de amostras adequadas de animais intactos e mensurações de parâmetros de fermentação ruminal em grande número de animais (Raun e Burroughs, 1962). Este método tem a desvantagem de não refletir com absoluta precisão o que ocorre no rúmen devido às interferências com a saliva, local de amostragem e ainda por consumir maior tempo para obtenção da amostra (em média 3 a 5 minutos por animal amostrado).

Comparando dois métodos de coleta de inóculo (manual e sonda esofageana), Lavezzo et al. (1988) verificaram valores maiores de pH e menores

concentrações de nitrogênio amoniacal e ácidos graxos voláteis, quando o inóculo foi coletado via sonda esofageana. A exposição do inóculo ao ambiente provoca perda de gás carbônico e queda na concentração de N-amoniacal, uma vez que a amônia reage com o oxigênio formando hidróxido de amônia e conseqüentemente elevação do pH. Além disso, existe a interferência da saliva que se mistura ao fluido no momento da coleta, aumentando o volume devido ao estresse sofrido pelo animal. Com relação à sonda nasoesofageana, ela não entra em contato com a saliva, já que é introduzida pelo esôfago, passando inicialmente pela narina. O tempo de coleta vai depender da eficiência na introdução da sonda (Raun e Burroughs, 1962). Na coleta manual, através de fistula ruminal, a coleta é feita nos diferentes compartimentos do rúmen, principalmente da região ventral, possibilitando obter um inóculo mais homogêneo (Wholt, Clarck e Blaisdell, 1976; Ruiz e Ruiz, 1990).

Trabalhando com três métodos de coleta de líquido ruminal (manual - fistula com 10 cm de abertura; bombá - fistula com 2 cm de abertura e nasoesofageana) Oliveira et al. (1993) concluíram que o método de extração nasoesofageana torna-se interessante para a extração de inóculo por apresentar melhores valores de DIVMS.

Outro aspecto de relevância é o momento de se obter o líquido ruminal em relação a alimentação do animal. Caso ele se alimente 2 ou 3 vezes ao dia, recomenda-se que se efetue a coleta em um momento intermediário entre uma e outra alimentação (Ruiz e Ruiz, 1990). Geralmente, os valores da digestibilidade *in vitro* da matéria seca são menores quando o inóculo é coletado 16 horas ou mais após a alimentação (Ayres, 1991).

A dieta fornecida aos ruminantes afeta a população microbiana e o ambiente químico dentro do rúmen. Fornecendo aos animais doadores dieta com alta quantidade de concentrado (cevada), Calder (1970) observou uma redução na

digestibilidade *in vitro* da matéria seca do feno de alfafa e da dieta (aproximadamente 60:40 de cevada:feno de alfafa) quando comparada a animais doadores alimentados somente com feno de alfafa. Ayres (1991), conduzindo vários experimentos *in vitro* (técnica de Tilley e Terry, 1963) para examinar os efeitos da dieta sobre a atividade e especificidade do inoculo ruminal, concluíram que animais alimentados com feno de alfafa forneceram um inóculo mais ativo em relação aos alimentados com capim napier, que apresentaram inoculo de menor atividade.

Estudando a influência da fonte de fibra (feno de alfafa, feno de alfafa e sabugo de milho ou casca de algodão, de aveia ou de soja) na dieta dos animais doadores do inóculo sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de oito forragens Cherney, Siciliano e Pell (1993) concluíram que ela pode afetar a DIVMS, mesmo quando a composição química das dietas é similar. Os autores ressaltam a importância da descrição dos ingredientes e composição química da dieta do doador ao utilizar a técnica *in vitro*, além da cautela para realizar as comparações obtidas em laboratórios diferentes.

### 2.1.2 Técnica de degradação *in situ*

O uso da técnica *in situ* remonta aos anos 1930, quando Quinn, Van Der Wath e Myburgh (1938) utilizaram este método para investigar a digestão dos alimentos no rúmen de ovinos canulados. A técnica (denominada técnica do saco de náilon, dacron, poliéster ou degradabilidade *in sacco* ou *in situ*) tem sido adotada pelo AFRC (1992) como um método padrão de caracterização da degradabilidade ruminal do nitrogênio, podendo ser utilizado para descrever as características de degradação das frações da fibra (Aerts et al, 1977; Navaratree, Ibrahim e Shiere, 1990) e da proteína do alimento (Crawford et al., 1978; Stern e Satter, 1984; Poos-Floyd, Klopfenstein e Britton, 1985). A utilização da técnica

tem a vantagem de propiciar uma estimativa rápida e simples da degradação dos nutrientes no rúmen, além de permitir o acompanhamento da degradação ao longo do tempo (Mehrez e Orskov, 1977).

A técnica *in situ* consiste em determinar o desaparecimento dos componentes da amostra de alimentos acondicionados em sacos de náilon ou outro material sintético, e incubados no rúmen por diferentes períodos de tempo. A degradação do componente nutritivo do alimento analisado é obtida através da expressão:  $D = ((A-B)/A)*100$ , sendo D o desaparecimento ou degradabilidade do componente nutritivo; A a porcentagem inicial do componente na amostra; B o resíduo, ou seja, a porcentagem final do componente após incubação da amostra.

A popularidade da técnica está ligada à sua rápida e fácil execução, requerendo pequena quantidade de amostra do alimento e possibilitando o contato íntimo com o ambiente ruminal, apesar de não estar sujeita às experiências de mastigação, ruminação e passagem para o trato digestivo posterior. Apesar da relativa simplicidade do método, os resultados de uma mesma amostra de alimento podem ser diferentes entre laboratórios. Os principais fatores inerentes à técnica, que ocasionam grandes variações na degradabilidade estimada estão relacionados aos procedimentos no preparo do saco que conterá a amostra (tipo de tecido, tamanho do poro do saco, área superficial do saco, lavagem dos sacos), ao preparo e manipulação da amostra (peso da amostra, tamanho da partícula da amostra, e contaminação microbiana), e por fim ao animal (natureza da dieta; espécie animal, estado fisiológico) (Uden e Van Soest, 1984; Nocek, 1985).

### **2.1.2.1 Aspectos relacionados aos sacos**

#### **Tipo de tecido**

Os tipos de tecidos geralmente utilizados incluem o náilon, poliéster ou dacron, entretanto, maior importância tem a estrutura do tecido que pode ser multifilamentosa ou monofilamentosa. Os monofilamentosos são tratados com calor após a tecelagem, formando dobras permanentes, o que permite um poro definido, o que não acontece com os multifilamentosos que após lavagem relaxam, resultando em poros de diferentes tamanhos. A estrutura do tecido afeta os valores de degradabilidade (Frigroid, Hale e Theurer, 1972) sendo que tecidos mais laceados ocasionam a uma maior perda de partículas não degradadas resultando em uma superestimação de valores de degradabilidade (Marinucci, Dehorith e Loerch, 1992).

#### **Tamanho do poro**

Uma porosidade adequada permite a entrada de todas as espécies relevantes de microrganismos para a degradação do alimento no saco e limita a saída de amostra não degradada, permitindo a remoção dos produtos finais da degradação (Huntington e Givens, 1995; Nocek, 1988, Meyer e Mackie, 1986). Poros de pequeno tamanho podem inibir a remoção dos produtos finais da degradação (Lindeberg, Kaspersson e Cizuk, 1984; Marinucci, Dehority e Loerch, 1992), dificultar a lavagem dos sacos após incubação (Van Hellen e Ellis, 1977) e apreender gases dentro do saco impedindo sua incorporação no líquido ruminal (Marinucci, Dehority e Loerch, 1992). Já poros com grande abertura permitem a perda de partículas de alimentos como também o influxo de partículas finas que conduz em (Van Hellen e Ellis, 1977) a uma subestimação (menor que 1%) no valor de degradabilidade da amostra. Portanto, o tamanho do

poro deveria permitir algum influxo de pequenas partículas para rápida colonização da amostra, sendo essas removidas após incubação através do procedimento de lavagem.

O influxo de partículas para o interior do saco não é totalmente prejudicial, pois a maior parte das bactérias do rúmen é imóvel e aproximadamente 75% da população bacteriana está associada às partículas (Forsberg e Lam, 1977). Meyer e Mackie (1986) avaliaram o efeito da dieta do animal e tamanho do poro sobre o influxo de bactérias e protozoários e observaram que em animais sob dietas com alta porcentagem de forragem, os sacos de porosidade 5 e 10 $\mu$  continham 30% menos bactérias quando comparados às imediações ao redor do saco. A máxima contagem de bactérias ocorreu em dietas com alta quantidade de forragem e sacos com 53 $\mu$  de porosidade. Em relação a contagem de protozoários, esta foi menor para sacos de porosidade de 5 $\mu$  e maior para os de 30 a 53 $\mu$ , quando comparada ao conteúdo ruminal ao redor do saco.

Nocek (1988) recomenda a adoção de porosidades de 40 a 60 $\mu$  de diâmetro, sendo esta faixa a que reúne as características desejáveis que favorecem o fluxo de fluido ruminal que evita a saída de partículas não degradadas.

### **Lavagem dos sacos**

O procedimento de lavagem dos sacos após a retirada do rúmen é utilizado para eliminar resíduos de material proveniente do rúmen, sustar a atividade microbiana através da presença de oxigênio na água, além da remoção do fluido ruminal dos sacos (Wilkerson, Klopfenstein e Stroup 1995). Este procedimento varia consideravelmente entre laboratórios. Cherney, Patterson e Lemenager (1990) observaram que a lavagem mecânica com água fria por 5 minutos resultou em uma super estimação das perdas de matéria seca e sugerem

que 2 minutos seria o tempo ideal para a lavagem manual. Todavia, trabalho realizado por De Boer, Murphy e Kennelly (1987) não detectaram diferenças entre os processos de lavagem manual e mecânica. Nocek (1988) recomenda a lavagem em água corrente com moderada manipulação até essa ficar clara (aproximadamente 90 segundos por saco).

### **Incubação dos sacos no rúmen**

A colocação dos sacos no interior do rúmen deve ser de tal maneira que permita a livre movimentação dentro do líquido ruminal e as trocas entre fluidos internos e externos ao saco. O comprimento da corda da sacola de filó, em que são dispostos os sacos, bem como o peso colocado nessa sacola, exerce grande influência na degradação da amostra (Huntington e Givens, 1995). Estes autores recomendam que o comprimento seja no mínimo, igual a distância entre a cânula e a parte inferior do rúmen. Nos trabalhos conduzidos utilizando esta técnica, existe uma grande variação de peso e posição dos sacos dentro do rúmen. Nocek (1988) utiliza peso de 150g, Stern e Satter (1984) de 70g e Frigroid, Hale e Theurer (1972) de 500g, sendo que todos realizam as incubações na região ventral do rúmen. Daí a necessidade da realização de experimentos para verificação da ideal e conseqüente padronização entre laboratórios.

Os tempos de incubação do alimento teste devem ser suficientes para: 1) detectar o tempo de colonização (intervalos de 1 hora); 2) possibilitar uma descrição matemática adequada, sendo para isso importante que a porção da curva mais sensível seja apoiada em um número suficiente de observações, assim como a porção assintótica da mesma esteja bem definida (intervalos de 6 e 12 horas); 3) detectar o ponto final da digestão (Nocek, 1988). O autor recomenda a utilização de um tempo de 48 horas para concentrados e de 72 a 96 horas para forragens para detectar a finalização da digestão ruminal. Segundo Mertens

(1993), o tempo necessário para a degradação de forragens está relacionado à taxa de digestão (TD) e o tempo de colonização (TC) e, assim sendo, resíduos de FDN indigestíveis com TC menor que 6 horas e TD maior que  $0,06\text{h}^{-1}$  podem ser estimados utilizando o tempo de 72h. Já para resíduos com TD menor que  $0,06\text{h}^{-1}$  o autor recomenda utilizar 96h.

Outro procedimento de importância é a ordem de colocação dos sacos no rúmen. Nocek (1985) comparou os efeitos da colocação simultânea de todos os sacos no rúmen e a retirada em determinados tempos com a colocação dos sacos em ordem reversa e retirada de uma só vez e observou uma menor taxa de desaparecimento de nitrogênio e matéria seca para o farelo de soja quando os sacos foram retirados em cada tempo de incubação. Segundo o autor, as razões para esses resultados relacionam - se com: i) a retirada dos sacos a cada intervalo de tempo expõe os outros sacos, que serão retirados mais tarde, interrompendo a fermentação; ii) a lavagem parcelada dos sacos após a retirada pode aumentar as variações quando comparada a lavagem simultânea que ocorre no outro procedimento; iii) efeito do tempo de inserção relativo ao horário de alimentação, sendo que o autor recomenda a inserção de todos os sacos no momento da alimentação e remoção dos sacos de menor tempo de incubação em determinado tempo após alimentação.

### **2.1.2.2 Preparo e manipulação da amostra**

#### **Tamanho de partícula**

A moagem facilita a homogeneidade, reduz o tamanho da partícula e aumenta a área superficial para a degradação microbiana. O ideal seria a obtenção de alimentos pré-mastigados pelo animal. Geralmente, materiais grosseiros são associados a menores taxas de digestão e maior variabilidade,

enquanto que materiais finamente moídos estão sujeitos a grandes perdas físicas e variabilidade menor (Nocek, 1988). Michalet-Doreau e Cerneau (1991) estudaram a influência do tamanho da partícula na degradação *in situ* do nitrogênio no rúmen utilizando três tamanhos diferentes de peneiras (0,8; 3,0 e 6mm) em amostras de cevada, milho, farelo de soja e feno. Houve uma diminuição da degradabilidade ruminal dos concentrados quando o tamanho da peneira variou de 0,8 a 6,0 mm, enquanto que para os volumosos não houve nenhuma alteração. Segundo aos autores, o aumento na degradabilidade ruminal das frações de nitrogênio quando a moagem é mais fina deve-se ao aumento na fração rapidamente degradável, aumento na velocidade de degradação para o nitrogênio lentamente degradável ou pelo aumento na perda nos sacos de partículas muito finas.

Emanuele e Staples (1988) observaram após moagem em moinho provido de peneira de 2mm maior tamanho médio de partículas de gramíneas, em relação ao das leguminosas e a constância no formato da partícula mesmo, após a redução do seu tamanho. Para as partículas de leguminosas, o formato foi descrito como largo, aproximando-se ao de um cubo, enquanto que para as gramíneas é longo, fino, semelhante à fibra. Os autores também notaram, após a moagem, maior variação no tamanho das partículas de gramíneas, fato possivelmente decorrente da interação no sentido longitudinal das partículas com a peneira permitindo sua passagem e levando a concluir que elas escapam do saco da mesma maneira, com uma menor degradação microbiana em relação à necessária para reduzir as partículas das leguminosas, suficiente para passar através dos poros.

Devido a dificuldade de estabelecer o tamanho de partícula ideal para os estudos *in situ*, Nocek (1988) recomenda a uniformização do tamanho dentro dos alimentos. Assim, os concentrados deveriam ser moídos em moinhos providos

com peneira de 2mm, as forragens na de 5mm, sendo que para amostras não moídas a distribuição original das partículas deve ser conhecida para possibilitar a comparação entre laboratórios.

### **Quantidade de amostra em relação à área superficial do saco**

A quantidade da amostra utilizada deve fornecer resíduo suficiente, ao final do período de incubação, para execução das análises químicas sem preencher demasiadamente o saco prejudicando o ataque dos microrganismos e aumentando o tempo de colonização (Nocek, 1988).

Segundo Mehrez e Orskov (1977), a quantidade de amostra no interior do saco tem influência na taxa de degradação do alimento. Uden, Parra e Van Soest (1974) observaram uma redução na degradação da parede celular, de 54% a 38% quando a relação quantidade de amostra e área superficial do saco aumentou de 6,5 a 50mg/cm<sup>2</sup>. Segundo Nocek (1988), grandes quantidades de amostra em relação a área superficial são especialmente cruciais para concentrados, devido a sua maior densidade potencial de aglutinação das partículas, restringindo o fluxo do fluido ruminal e contato com as partículas do alimento, principalmente no período inicial de incubação.

A relação entre a quantidade de amostra por área superficial do saco utilizada nos trabalhos é muito variável: 10, 13 e 16mg/cm<sup>2</sup> (Lindberg, 1981; Nocek, 1985; Merez e Orskov, 1977; Huntigton e Given, 1995 ), mas, segundo Nocek (1988), uma relação entre 10-20mg/cm<sup>2</sup> poderia ser utilizada para forragens e concentrados.

### **Contaminação bacteriana**

Em função do contato dos microrganismos ruminais com as partículas dos alimentos, a colonização da amostra por bactérias pode levar a erros na

determinação do desaparecimento da proteína bruta sendo que a intensidade de colonização do resíduo varia com o período de incubação e natureza do alimento (Nocek, 1988). Concentrados geralmente contêm pequena contaminação microbiana, 5 a 10% do N residual (Mehrez e Orskov, 1977), enquanto que forragens apresentam maior contaminação. Valadares Filho et al. (1992) concluíram que o farelo de soja, a farinha de peixe, o farelo de algodão, o farelo de trigo e o farelo de arroz integral parecem não precisar de correção quanto a contaminação microbiana, entretanto, o fubá, o milho desintegrado com palha e sabugo e a silagem de milho devem ser corrigidos para se obter melhor estimativa da degradabilidade. Nocek (1988) recomenda a correção para contaminação microbiana para forragens de baixa proteína e alimentos grosseiros.

### **2.1.2.3 Animal**

#### **Efeito da dieta fornecida ao animal**

A dieta do animal afeta a degradação *in situ* dos alimentos através da influência sobre o ecossistema ruminal, de seus efeitos físicos, das exigências de nitrogênio *in situ* e do efeito da fonte de carboidratos da dieta sobre o desaparecimento da matéria seca (Nocek, 1988).

A dieta determina a quantidade e tipos de microrganismos no rúmen e, portanto, influencia a taxa e extensão da degradação do alimento teste. Weakley, Stern e Satter (1983) propuseram a existência de um muco bacteriano, principalmente em dietas de milho, que bloqueia os poros dos sacos, sendo que a ação abrasiva entre a superfície do saco e o material fibroso do rúmen poderia ajudar a prevenir o bloqueio e melhorar o fluxo de fluido ruminal, revelando a necessidade da existência de fibra longa na dieta basal de animais utilizados para análises *in situ* dos alimentos.

Em alguns resultados encontrados na literatura, a influência da dieta parece dever-se, principalmente, a alteração no tipo de substrato presente e no pH do rúmen, levando a mudanças no tipo de população microbiana, principalmente as espécies celulolíticas e aminolíticas (Mould e Orskov, 1983/84). Rossi Junior et al. (1997), utilizando dietas para bovinos nelore com dois níveis de concentrados (18 e 39%), relataram redução na fração potencialmente degradável da matéria seca da silagem de milho com o aumento do nível de concentrado na dieta. Já Vilela et al. (1994) não encontraram diferenças na degradação da matéria seca e proteína bruta de concentrados e volumosos quando utilizaram dietas formadas por dois níveis de concentrado (10 e 40%) e duas formas de fornecimento de volumoso (capim elefante verde ou ensilado).

Efeitos associativos, positivos e negativos, dos carboidratos da dieta no desaparecimento *in situ* estão relacionados às interações entre carboidratos rapidamente fermentáveis e aqueles mais lentamente degradáveis. A relação concentrado:volumoso e o nível de consumo de alimentos afetam a degradação dos alimentos. Chademana e Offer (1990), fornecendo dietas com relações volumoso:concentrado de 90:10; 65:35 e 60:40, observaram uma relação inversa entre desaparecimento *in situ* da matéria seca do feno e a proporção do concentrado na dieta. Segundo os autores, o abaixamento do pH, devido a degradação de carboidratos facilmente fermentáveis, ocasionou inibição na degradação do feno.

Nocek (1988) recomenda a utilização de uma dieta similar que contenha o mesmo tipo de alimento avaliado, além da presença de fibra longa para facilitar as forças abrasivas e manter um fluxo ideal entre rúmen e interior do saco.

## **Efeitos relacionados ao animal**

As diferenças entre animais são atribuídas às diferenças na taxa de absorção dos produtos finais da fermentação ruminal, principalmente dos ácidos graxos voláteis que induzem mudanças no pH e na taxa de passagem. Estes fatores são considerados os principais responsáveis pelas variações no desaparecimento do alimento incubado no rúmen (Nocek, 1988).

O sexo, estado fisiológico e idade são fontes potenciais de variação. Vazquez-Anon et al. (1993) concluíram que os valores de degradação da proteína estimados em bovinos adultos não poderiam ser aplicados em bovinos desmamados jovens. Outros estudos mostram os efeitos da gestação (Ehle, Martin e Wheaton, 1984; Pond et al., 1984; Batista et al., 1994) e estado da lactação (Hartnell e Satter, 1979) sobre a função ruminal.

### **2.1.2.4 Modelos utilizados para estudar a degradação dos alimentos no rúmen**

Um modelo matemático compõe-se de um conjunto de equações ou de expressões matemáticas desenvolvido com a finalidade de representar, de forma aproximada, o comportamento de um sistema (Mertens, 1977). Vários modelos têm sido propostos para descrever a degradação acumulativa das diferentes frações que compõem o alimento, em função do tempo de fermentação ruminal.

Modelos de digestão de primeira ordem consideram que o substrato digerido a um tempo qualquer é proporcional à quantidade de material restante potencialmente digestível (Mertens, 1993). Waldo e Smith (1972) foram os primeiros a sugerir que as curvas de digestão são combinações de material digestível e indigestível. Segundo os autores, subtraindo-se o resíduo indigestível, a fração potencialmente digestível seguiria uma cinética de degradação de primeira ordem, subtendendo-se as seguintes suposições:

- os pools potencialmente digestíveis e indigestíveis atuam como ambientes distintos com características de cinética homogêneas.

- a taxa de digestão é constante e dependente do sistema digestivo e do substrato;

- a digestão começa imediatamente no tempo zero e continua indefinidamente;

- a concentração de enzimas e microrganismos não são limitantes;

Numerosos modelos de digestão no rúmen foram baseados nesse conceito, muitos destes (Mertens e Ely, 1979) assumem, como Waldo e Smith (1972), que a digestão é um processo de primeira ordem, ou seja, a taxa de digestão é uma característica intrínseca do alimento. Outros modelos (Hyer e Ohjen, 1991) assumem que a digestão é um processo de segunda ordem, ou seja, depende da concentração dos microrganismos ruminais e do substrato com taxas de digestão constantes.

A forma mais simples de um modelo de degradação de primeira ordem, representado pela equação 1, consiste em um substrato cuja degradação inicia no momento da incubação da amostra do alimento no rúmen (Orskov, 1988).

$$p = 100 (1 - e^{-ct}) \quad (1), \text{ sendo:}$$

“p” a quantidade de substrato degradado no tempo (t) e “c” a velocidade de degradação da proteína. Segundo o autor, são pouquíssimos os alimentos que degradam deste modo sendo que a maioria contém uma ou mais frações que desaparecem ao mesmo tempo, rapidamente, e uma ou várias frações em que a degradação nunca chega a ser 100%.

Para alimentos que contém uma fração solúvel considerável, o modelo de primeira ordem foi modificado, incluindo um parâmetro para descrever os processos de degradação. Baseado nisso, Orskov e McDonald (1979) propuseram

um modelo exponencial, ou modelo de crescimento assintótico de primeira ordem descrito na equação 2:

$$p = a + b (1 - e^{-ct}) \quad (2), \text{ sendo:}$$

“p” representa a estimativa da degradação do substrato no tempo (t) nas condições em que a taxa de passagem não é considerada; “a”, “b” e “c” são constantes ajustadas por procedimentos iterativos de quadrados mínimos em que “a” representa a percentagem total da proteína que desaparece rapidamente, “b” a percentagem total da proteína que desaparece a uma taxa fracional constante (c), “c” é a taxa de degradação/hora de “b” e “t” o tempo de incubação em horas. Normalmente a equação limita-se de forma que os elementos a + b não excedam a 100%.

Com base em que o início da degradação não ocorre imediatamente após a incubação do alimento no rúmen, McDonald (1981) revisou o modelo e propôs a inclusão do tempo de colonização ou tempo para a hidratação e alteração química ou física da fibra, tempo esse necessário antes da ocorrência do ataque bacteriano e ação enzimática. Desta forma, seguindo este modelo a digestão começa imediatamente após o tempo de colonização e fornece uma idéia do tempo de colonização. De acordo com o autor o novo modelo poderia ser descrito pela equação 3;

$$p = a + b (1 - e^{-c(t - T)}), \text{ para } t \geq T; \quad (3), \text{ sendo:}$$

“p”, “a”, “b”, “c”, e “t” são os mesmos da equação 2 e “T” é o tempo de colonização.

A inclusão do tempo de colonização no modelo para descrever o desaparecimento do nitrogênio de duas leguminosas foi testado por Denham, Moraes e Bates (1989), que utilizaram dois modelos para os quais: 1) a digestão da fração do nitrogênio potencialmente digestível mas insolúvel inicia-se logo após a exposição da leguminosa ao conteúdo ruminal; 2) a digestão desta fração é

precedida por um tempo de colonização durante o qual pressupõe-se que a hidratação e ataque microbiano ocorram antes do início da digestão. A utilização deste último modelo resultou em aumento no nitrogênio rapidamente solúvel, uma redução no nitrogênio potencialmente digestível mais solúvel e no total de nitrogênio digestível. Os autores concluíram que esse modelo foi o que melhor descreveu o desaparecimento *in situ* do nitrogênio das leguminosas testadas.

A equação 2 não considera o trânsito de partículas pelo rúmen ou a taxa de passagem "k", superestimando a degradação em determinado tempo, visto que, em condições normais, partículas do alimento estão sujeitas à passagem ao abomaso antes de serem completamente degradadas (Orskov e McDonald, 1979). Assim, a digestão do alimento é resultante de duas forças competitivas que atuam simultaneamente: a taxa de passagem "k" e a taxa de digestão "c" (Orskov, 1982). A inclusão da taxa de passagem no cálculo da degradação em determinado tempo origina a degradabilidade efetiva (DE). Segundo Orskov e McDonald (1979), a DE pode ser calculada através da equação 4:

$$DE = a + (b * c) / (c + k) \quad (4)$$

No caso da existência de um tempo de colonização antes do início da degradação da fração "b", McDonald (1981) sugere a inclusão desse componente na equação. Contudo, esta modificação resulta em pouca diferença no valor da DE e em quase todas as situações a utilização da equação 4 permite o cálculo de valores suficientemente exatos (Orskov, 1982).

As estimativas dos parâmetros "a", "b" e "c" dos modelos não lineares são obtidas pela aplicação de métodos iterativos, a partir de uma estimativa inicial, a fim de tornar mínima a soma de quadrados dos erros. A interação continua até que uma melhora desprezível no ajuste dos dados do modelo ocorra. Vários algoritmos são utilizados na regressão não linear, tais como o de Gauss-Newton e Marquardt, sendo que cada algoritmo tem suas vantagens e

desvantagens que podem influenciar na taxa e ocorrência da convergência para a solução que minimiza o desvio da regressão para um nível aceitável.

Após a confecção de gráficos de dispersão dos resíduos de incubação do alimento em função do tempo e eliminação de dados discrepantes, Vieira (1995) recomenda que os dados de degradação sejam ajustados a modelos que descrevam o tipo de tendência revelada pelos dados, ou seja, se a tendência for associada à cinética de primeira ordem, pode-se utilizar o modelo de crescimento assintótico de primeira ordem ou o modelo exponencial decrescente, se a tendência for logística, ou seja, apresentar suave declínio para o resíduo de incubação nos tempos iniciais de degradação, pode-se utilizar o modelo logístico, por apresentar maior flexibilidade de ajuste que os modelos de primeira ordem, com correção para o período de latência.

Por fim a adequada mensuração da cinética da degradação de um alimento no rúmen depende de:

- a) adequação do modelo para representar o processo biológico da digestão;
- b) conveniência dos métodos e delineamento experimental utilizado para coletar os dados;
- c) precisão do método utilizado para estimar os parâmetros da cinética utilizando os resultados experimentais.

## **2.2 Aplicação das técnicas *in vitro* e *in situ***

As metodologias *in situ* e *in vitro* tem sido extensamente utilizadas para a avaliação dos diversos componentes dos alimentos, sendo que os resultados obtidos por meio delas possibilitam o estudo do funcionamento do rúmen (maximização de produção microbiana no rúmen, minimização das perdas de nitrogênio na fermentação, conhecimento do efeito de aditivos, fatores

antinutricionais), a predição da taxa de crescimento animal e do valor nutritivo dos ingredientes, como também sinalizam as melhores opções de combinar alimentos na formulação de rações para que, desta forma, os animais tenham seu aproveitamento otimizado, respondendo com melhor desempenho produtivo.

Orskov, Reid e Kay (1988) utilizaram os coeficientes da curva de desaparecimento da matéria seca em relação ao tempo, obtidos através da técnica *in situ*, para medir o valor nutricional da forragem e permitir a predição da taxa de crescimento dos animais. Com os valores de “a”, “b” e “c” obtidos pela incubação dos sacos de náilon, a taxa de crescimento (GR) foi descrita pela equação:

$$\Delta GR = 0.00571 a + 0.126 b + 17.02 c - k, \text{ sendo:}$$

“k” uma constante equivalente a -1,261kg/dia (perda de peso quando a, b e c são iguais a zero, ou seja, perda de peso na inanição). Além da taxa de crescimento, os parâmetros da cinética da digestão ruminal podem ser utilizados para estimar o consumo de matéria seca (Gupta, Multani e Ahuja, 1996).

A técnica *in situ* também pode fornecer informação útil a respeito da inclusão de aditivos e ingredientes na dieta, tratamentos físicos e químicos dos alimentos, nível e estratégia de alimentação, entre outros. Nesses casos, um alimento padrão é incubado no rúmen de animais alimentados com dietas que diferem na quantidade e tipo de ingredientes ou animais suplementados com aditivos para medir a mudança na cinética da degradabilidade ruminal do alimento padrão ou seus constituintes. Os resultados obtidos por meio desses experimentos podem ser acatados como preliminares para futuros e mais abrangentes experimentos ou podem ajudar a explicar as mudanças na performance animal ou no consumo alimentar (Susmel, 1995).

Alguns experimentos *in vitro* têm sido conduzidos com o objetivo de estudar o metabolismo e utilização de aminoácidos pelas bactérias ruminais, as

quais incubadas com quantidades específicas de aminoácidos mostram que certos aminoácidos possuem diferentes taxas de degradação (Tamminga, 1979). A produção de gás *in vitro*, segundo Pell e Schofield (1993), pode medir diretamente o crescimento microbiano, desde que não haja limitação de nutrientes, refletindo a fermentação de substrato a ácidos graxos voláteis sendo as células microbianas o outro produto da fermentação. O fracionamento da matéria fermentada *in vitro* entre ácidos graxos voláteis e células microbianas não é constante e tem relação inversa. A utilização da solução detergente neutro nos resíduos aparentemente não degradados é considerada efetiva para a extração da massa microbiana do resíduo, fornecendo uma estimativa da produção de biomassa microbiana. A produção de gás *in vitro* pode ser utilizada para determinar a importância dos nutrientes dos alimentos em fornecer energia aos microrganismos e determinar se determinados compostos presentes inibem a atividade microbiana (Blummel, Steigab e Becker, 1997).

Para estudar os efeitos do suprimento sincronizado de quantidades fixadas de nitrogênio e carboidratos sobre as bactérias do rúmen, Henning, Steyn e Meissner (1991) utilizaram a técnica de incubação *in vitro* com solução tampão e concluíram que o método tem a limitação do acúmulo dos produtos finais da fermentação que podem afetar o crescimento microbiano e como vantagem o controle, de forma precisa, do fornecimento dos nutrientes. Newbold e Rust (1992) utilizaram a produção de gás *in vitro* com os mesmos objetivos e concluíram que os efeitos produzidos pelo fornecimento sincronizado de fontes de nitrogênio e carboidratos sobre o crescimento bacteriano não podem ser estudados adequadamente por meio desta técnica, por não se poder simular a perda do excesso de nitrogênio pela absorção da parede ruminal, como acontece *in vivo*.

### 3 METODOLOGIA GERAL

#### 3.1 Local e condições climáticas

Os experimentos foram realizados no Laboratório Animal do Setor de Bovinos Leiteiros do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras - UFLA.

O município de Lavras, localizado na Região Sul do Estado de Minas Gerais está geograficamente definido pelas coordenadas de 21°14' de latitude sul e 45°00' de longitude oeste com uma altitude média de 910 metros (Castro Neto, Sedyama e Vilela, 1980). O clima nos dois locais é do tipo Cwb, segundo a classificação de Koppen, tendo duas estações definidas: seca de abril a setembro e chuvosa de outubro a março. A precipitação anual média é de 1.493,2mm, com temperatura média máxima de 25,0°C e média mínima de 14,6°C (Vilela e Ramalho, 1980).

#### 3.2 Experimentos

Os experimentos foram conduzidos no período de janeiro a março de 1997, sendo avaliada a degradação de nove alimentos através das técnicas *in situ* e *in vitro*. A avaliação da técnica *in vitro* como técnica para estimar a degradação ruminal da matéria seca *in situ* dos alimentos será abordada no capítulo 2 desta dissertação, enquanto as possíveis diferenças quanto a degradação dos alimentos concentrados e volumosos em diferentes grupos genéticos serão abordadas nos capítulos 3 e 4, respectivamente.

### 3.3 Animais, alimentação e manejo

Para a condução dos experimentos *in situ* e *in vitro* foram utilizadas 15 fêmeas não lactantes providas de fistulas ruminais, sendo três da raça holandesa, três da raça nelore, três da raça jersey, três cabras e três ovelhas, sem raça definida. Os animais foram tratados com parasiticida de amplo espectro antes do início da fase experimental, e mantidos em piquete desprovido de vegetação com baias, cochos e bebedouros.

Os bovinos receberam 2kg de ração balanceada dividida em duas partes iguais e fornecidas às 7 e 16 horas, enquanto que ovinos e caprinos receberam 1kg da mesma ração, contendo 77,0% de fubá de milho, 16,0% de farelo de algodão, 5% de farelo de trigo, 1,0% de sal, 0,5% de uréia, 0,5% de premix mineral e vitamínico (Ca - 16%; P - 9%; Na - 12%; S - 0,40%; Se - 3mg; Vit A - 30.000 UI; Vit D - 150.000 UI; Vit E - 50 UI). Além da ração, os animais receberam, à vontade, feno de coast-cross e foram submetidos a um período pré-experimental de 21 dias para a adaptação dos microrganismos ruminais à dieta.

### 3.4 Alimentos utilizados nas incubações *in vitro* e *in situ*

Foram utilizados nove alimentos sendo cinco concentrados: fubá de milho (FMI), farelo de soja (FSJ), farelo de trigo (FTR), farinha de carne (FCA) e farelo de algodão (FAG) e quatro volumosos - feno de alfafa (*Medicago sativa* L.) (FAL), capim gordura (*Melinis minutiflora* Pal. de Beauv.) (CGO), capim napier (*Pennisetum purpureum* Schum.) (CNA) e feno de coast-cross (*Cynodon dactylon* L. Pers.) (FCC), cuja composição química encontra-se na Tabela 2.

As amostras dos concentrados utilizados foram obtidas no estoque da Fábrica de Ração do Departamento de Zootecnia - UFLA, os capins gordura e napier foram coletados no painel de forrageiras do mesmo departamento ao atingirem alturas de 30 e 100cm, respectivamente, enquanto que o feno de alfafa e

de coast cross foram obtidos da produção experimental no próprio Departamento. Coletou-se amostra para, após pré-secagem, houvesse resíduo suficiente para realização dos experimentos e análises químicas.

**TABELA 2** Análise bromatológica dos alimentos utilizados nos experimentos *in vitro* e *in situ*, expressa em porcentagem da matéria seca. <sup>1</sup>

Alimentos	MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)
FMI	92,19	8,52	---	---
FSJ	92,35	36,24	---	---
FTR	92,37	16,70	---	---
FCA	95,67	41,29	---	---
FAG	90,82	25,37	---	---
FAL	90,73	25,02	40,20	28,34
CGO	90,29	7,75	67,40	37,77
CNA	92,07	8,72	61,49	33,01
FCC	90,22	12,93	65,59	42,00

<sup>1</sup> Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA.

### **3.5 Preparo das amostras para incubação**

Para a condução do experimento *in vitro* as amostras dos alimentos, concentrados e volumosos, foram processadas em moinho provido de peneira de 1mm (Tilley e Terrey, 1963) e para a condução do experimento *in situ*, as amostras dos concentrados foram processadas em moinho provido de peneira de 2mm e os volumosos na de 5mm (Nocek, 1988). As amostras após moagem foram devidamente acondicionadas e identificadas.

#### **3.5.1 Determinação do tamanho das partículas após moagem**

Para determinação do tamanho médio de partículas dos alimentos, utilizou-se a técnica de peneiras para cálculo do diâmetro geométrico médio (Ensor, Olson e Colenbrander, 1970) em que obtêm-se resultados aproximados devido à utilização de uma série de peneiras que não mantinham exata constância da relação entre todas peneiras subseqüentes, exigida pelo método.

A distribuição percentual das partículas dos alimentos retidas nas peneiras e diâmetro geométrico médio para as amostras utilizadas nas avaliações *in vitro* e *in situ* são apresentadas nas Tabelas 3 e 4.

TABELA 3 Percentagem de partículas retidas nas diferentes peneiras de acordo com o tamanho do crivo, para os alimentos utilizados na avaliação *in vitro*.

Item	Tamanho do crivo da peneira (mm)								
	1,5	1,0	0,5	0,25	0,125	0,074	0,062	prato	DGM
FSJ	---	12,08	65,06	12,24	8,86	1,62	---	0,14	0,579
FMI	---	18,02	66,34	7,86	7,48	0,10	---	0,20	0,641
FTR	---	0,30	49,22	28,46	14,84	4,16	---	3,02	0,424
FAG	---	1,72	46,10	22,40	17,48	2,92	---	9,38	0,429
FCA	6,76	6,42	57,12	28,20	1,40	---	---	0,10	0,507
FAL	---	0,30	9,02	42,50	34,60	8,20	3,06	2,32	0,234
FCC	---	1,20	14,80	46,84	25,14	7,74	2,46	1,82	0,267
CNA	---	0,20	11,12	45,86	29,74	8,04	3,00	2,04	0,247
CGO	---	0,22	19,22	39,40	28,08	9,48	2,94	0,66	0,261

DGM - Diâmetro geométrico médio, em mm

TABELA 4 Percentagem de partículas retidas nas diferentes peneiras de acordo com o tamanho do crivo, para os alimentos utilizados na avaliação *in situ*.

Item	Tamanho do crivo da peneira (mm)							prato	DGM
	2,0	1,5	1,0	0,5	0,25	0,125	0,074		
FSJ	---	1,34	19,98	57,96	9,56	10,78	0,38	---	0,635
FMI	---	1,32	16,22	62,12	15,68	4,58	0,08	---	0,656
FTR	---	0,44	0,88	50,08	25,26	14,08	5,34	3,92	0,431
FAG	---	0,04	2,06	51,54	19,32	16,80	6,36	3,88	0,427
FCA	---	6,76	6,42	57,12	28,20	1,40	---	0,10	0,507
FAL	0,56	1,12	3,78	42,40	25,44	18,92	---	7,78	0,456
FCC	4,30	1,44	2,92	40,10	25,64	16,20	---	9,40	0,513
CNA	0,44	1,26	6,38	47,64	23,74	15,52	---	5,02	0,500
CGO	1,50	1,64	5,34	43,70	23,66	18,46	---	5,70	0,483

DGM - Diâmetro geométrico médio, em mm

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AERTS, J.W.; De BRABANDER, D.L.; COTTYN, B.G. et al. Comparison of laboratory methods for predicting of the organic matter digestibility of forages. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.2, p.337-349, 1977.
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). Agricultural and Food Research Council: Technical Committee on responses to nutrients: Nutritive requirements of ruminant animals: protein. *Nutrition Abstracts and Reviews* : Series B, London, v.62, n.9, p.65-71, Sept. 1992.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis of Association on Official Analytical Chemists*. 13. ed. Washington, 1980. 1018p.
- AYRES, J.F. Sources of error with in vitro digestibility assay of pasture feeds. *Grass Forage Science Technology*, London, v.46, n.1, p.89 - 97, 1991.
- BATISTA, A.M.V.; SILVA, J.F.C. da; VALADARES FILHO, S de C. et al. Consumo, taxa de passagem e digestão em cabras não-gestantes e não-lactantes e no terço final da gestação. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.23, n.1, p.149-155, jan./fev., 1994.
- BLUMMEL, B.M.; STEIGAB, H.; BECKER, K. The relationship between in vitro gas production, in vitro microbial biomass yield and 15N incorporation and its implications for the prediction of voluntary feed intake of roughage. *British Journal of Nutrition*, London, v.77, n.3, p.911-921, 1997.
- BRODERICK, G.A. Determination of protein degradation rates using a rumen in vitro system containing inhibitors of microbial nitrogen metabolism. *British Journal of Nutrition*, London, v.58, n.3, p.463-475, Nov. 1987.
- CALDER, F.H. Effect of barley supplement to the ration of donor animals used in vitro digestibility determination. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, v.50, n.2, p.265 - 267, June. 1970.

- CAMPOS, F.P. de; LANNA, D.P.D.; BOSE, M.L.V. et al. Implantação e validação do sistema de monitoramento computadorizado de digestão in vitro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p.283-285.
- CASTRO NETO, P.; SEDIYAMA, G.C.; VILELA, E.A. de. Probabilidade de ocorrência de períodos secos em Lavras, Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v.4, n.1, p.55-65, jan./jun. 1980.
- CHADEMANA, I.; OFFER, N.W. The effect of dietary inclusion of yeast culture on digestion in the sheep. **Animal Production**, Edinburg, v.50, n.3, p.483-489, June 1990.
- CHERNEY, D.J.R.; PATTERSON, J.A.; LEMENAGER, R.P. Influence of in situ bag rinsing technique on determination of dry matter disappearance. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.73, n.2, p.391-397, Feb. 1990.
- CHERNEY, D.J.R.; SICILIANO, J.J.; PELL, A.N. Technical note: Forage in vitro dry matter digestibility as influenced by fiber source in the donor cow diet. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.71, n.5, p.1335-1338, May 1993.
- CRAIG, W.M.; BRODERICK, G.A.; RICKER, D.B. Quantitation of microorganisms associated with rumen particles. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.57, p.711, 1983. Supplement 1. (Abstract).
- CRAIG, W.M.; HONG, B.J.; BRODERICK, G.A. et al. In vitro inoculum enriched with particle associated microorganisms for determining rates of fiber digestion and protein degradation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.67, n.12, p.2902-2909. Dec. 1984.
- CRAWFORD, R.J.; HOOVER, W.H.Jr; SNIFFEN, C.J. et al. Degradation of foodstuff nitrogen in the rumen vs. nitrogen solubility in three solvents. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.46, n.6, p.1768-1775, May 1978.

- De BOER, G.; MURPHY, J.J.; KENNELLY, J.J. A modified method for the determination of in situ rumen degradation of foodstuffs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.67, n.1, p.93-102, Mar. 1987.
- DENHAM, S.C.; MORAES, G.A.; BATES, D.B. Comparison of two models used to estimate in situ nitrogen disappearance. **Production Technical Notes**, Cambridge, v.72, n.3, p.708-715, 1989.
- EHLE, F.R.; MARTIN, F.; WHEATON, J.E. Influence of forage source and level on intake, milk production, growth hormone, rate of passage and body composition during lactation. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.64, p.82-83, Sept. 1984. Supplement.
- EMANUELE, S.M.; STAPLES, C.R. Effect of forage particle size on in situ digestion kinetics. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.71, n.7, p.1947-1954, 1988.
- ENSOR, W.L.; OLSON, H.H.; COLENBRANDER, V.F. A report: Committee on classification of particle size in foodstuffs. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.53, n.5, p.689-690, May 1970.
- FRIGROID, W.; HALE, W.H.; THEURER, B. An evaluation of the nylon bag technique for estimating rumen utilization of grains. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.35, n.1, p.113-120, July 1972.
- FORSBERG, C.W.; LAM, K. Use of adenosine 5-triphosphate as an indicator of the microbiota biomass in rumen contents. **Applied and Environmental Microbiology**, Madison, v. 33, p.528-537, 1977.
- GRANT, R.J.; VAN SOEST, P.J.; McDOWELL, R.E. Influence of rumen fluid source and fermentation time on in vitro dry matter digestibility. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.57, n.10, p.1201-1205, Oct. 1974.
- GUPTA, B.K.; MULTANI, K.K.; AHUJA, A.K. In sacco degradability of dry matter, crude protein and cell wall of various forages. **Indian Journal of Animal Science**, New Delhi, v.66, n.9, p. 924-929, Sept. 1996.

- HARTNELL, G.F.; SATTER, L.D. Determination of rumen fill, retention time and ruminal turnover rates of digest at different stages of lactation in dairy cows. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.48, n.2, p.381-392, Feb. 1979.
- HENNING, P.H.; STEYN, D.G.; MEISSNER, H.H. The effect of energy and nitrogen supply pattern on rumen bacterial growth in vitro. *Animal Production*, Edinburg, v.53, n.2, p.165-175, Oct. 1991.
- HRISTOV, A.; BRODERICK, G.A. In vitro determination of ruminal protein degradability using (<sup>15</sup>N) ammonia to correct for microbial nitrogen uptake. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.72, n.5, p.1344-1354, May 1994.
- HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The in situ technique for studying the rumen degradation of feeds: A review of the procedure. *Nutrition Abstracts and Reviews*, Series B, London, v.65, n.2, p.63-90, Feb. 1995.
- HYER, J.C.; OHJEN, G. Development of a model to predict forage intake by grazing cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.69, n.2, p.827-835, Feb. 1991.
- JOHNSON, R.R. Symposium on microbial digestion in ruminants : In vitro rumen fermentation techniques. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.22, n 3, p.792-800, Oct. 1963.
- KLOPFENSTEIN, T.J.; KLEMESRUD, M.J.; HEROLD, D.W. Digestible and metabolizable protein values of renders products. In: *Cornell Nutrition Conference For Feed Manufacturers*, Rochester: Cornell University Press, 1995. p.25-33, 1995.
- LAVEZZO, O.E.N.; FARIA, V.P. de; MATTOS, W.R.S. de et al. Influência de métodos de coleta de fluido ruminal sobre os parâmetros de fermentação em bovinos alimentados com diferentes fontes de proteína. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.17, n.3, p.281-291. set./out. 1988.
- LINDBERG, J.E. The effect of basal diet on the ruminal degradation of dry matter, nitrogenous compounds and cell walls in nylon bags. *Swede Journal of Agricultural Research*, Washington, v.11, p.159-169, 1981.

- LINDBERG, J.E.; KASPERSON, A.; CISZUK, P. Studies on pH number of protozoa and microbial ATP concentrations in rumen-incubated nylon bags with different pore size, *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v.102, n.2, p.501-504, Apr. 1984.
- MALAFAIA, P.A.M. Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos de alimentos por técnicas "in situ", "in vitro" e de produção de gases. Viçosa: UFV, 1997. 85p. (Tese Doutorado em Zootecnia).
- MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. da et al. Degradabilidade potencial de alguns volumosos estimada In situ e In vitro. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. Anais... Fortaleza : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996a. p.312-314.
- MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M. Estimativa da metanogênese em vacas lactantes alimentadas com diferentes fontes lipídicas. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. Anais... Fortaleza : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996b. p.315-317.
- MARINUCCI, M.T.; DEHORITY, B.A.; LOERCH, S.C. In vitro and in vivo studies of factors affecting digestion of feeds in synthetic fiber bags. *Journal of Animal Science, Champaign*, v.70, n.1, p.296-307, Jan. 1992.
- McDONALD, I.A. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v.96, n.1, p.251-252, Feb. 1981.
- MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. A study of the artificial fiber bag technique for determination the digestibility of feeds in the rumen *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v.88, n.1, p.645, Mar. 1977.
- MEYER, J.H.F.; MACKIE, R.I. Microbiological evaluation of the intraruminal in sacculus digestion technique. *Applied and Environmental Microbiology, Madison*, v.51, n.3, p.622-629, Mar. 1986.
- MERTENS, D.R. Principles of modeling and simulation in teaching and research. *Journal of Dairy Science, Champaign*, v.60, n.7, p.1176-1186, July 1977.

- MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. Cap. 2, p.13-51.
- MERTENS, D.R.; ELY, L.O. A dynamic model of fiber digestion and passage in the ruminant for evaluating forage quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.49, n.4, p.1085-1095, Oct. 1979.
- MICHALET-DOREAU, B.; CERNEAU, P. Influence of foodstuff particle size on in situ degradation of nitrogen in the rumen. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.35, n.1/2, p.69-81, 1991.
- MOULD, F.L.; ORSKOV, E.R. Manipulation of rumen fluid pH and its influence on cellulolysis in sacco dry matter degradation and the rumen microflora in sheep offered in their hay or concentrate. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.10, n.1, p.1-14, 1983/84.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of sheep**. 6. ed. rev. Washington : National Academy of Sciences, 1985. 99p.
- NAVARATRE, H.U.R.G.; IBRAHIM, M.N.M.; SHIERE, J.B. Comparison of four techniques for predicting digestibility of tropical feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.29, n.1, p.209-221, 1990.
- NEWBOLD, J.R.; RUST, S.R. Effect of asynchronous nitrogen and energy supply on growth of ruminal bacteria in batch culture. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, n.2, p.538-546, Feb. 1992.
- NOCEK, J.E. Evaluation of specific variables affecting in situ estimates of ruminal dry matter and protein digestion. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.60, n.5, p.1347-1358, May 1985.
- NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.71, n.8, p.2051-2069, Aug. 1988.
- OLIVEIRA, M.D.S.; VIEIRA, P. de F.; SOUZA, A. de et al. Efeito de métodos de coleta de fluido ruminal sobre a digestibilidade "in vitro" de alguns nutrientes de ração para bovinos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.22, n.5, p.794-800, set./out. 1993.

- ORSKOV, E.R. **Nutricion proteica de los ruminants.** London: Academic Press, 1988. Cap. 3: Dinámica del nitrógeno en el rumen, p.45 - 94.
- ORSKOV, E.R. **Protein Nutrition in Ruminants.** Washington: National Academy Press, 1982. 160p.
- ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science, Cambridge**, v.92, n.2, p.499-503, Apr. 1979.
- ORSKOV, E.R.; REID, G.W.; KAY, M. Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughage. **Animal Production, Edinburg** v.46, n. 1, p.29-34, Aug. 1988.
- PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of Dairy Science, Champaign**, v.76, n.4, p.1063-1073, 1993.
- POND, K.R.; GOODE, L.; LEONARD, E.S.; MANN, L.D. Intake, digest fill and flow kinetics pre and post part. **Canadian Journal of Animal Science, Ottawa**, v.64, p.68-69, Sept. 1984. Supplement.
- POOS-FLOYD, M.; KLOPFENSTEIN, T.; BRITTON, R.A. Evaluation of laboratory techniques for predicting ruminal protein degradation. **Journal of Dairy Science, Champaign**, v.68, n.4, p.829-839, Apr. 1985.
- QUINN, J.I.; VAN DER WATH, J.G.; MYBURGH, S. Studies on the alimentary tract of merino sheep in South Africa. Description of experimental technique. **Journal of Veterinary Science Animal Indian, Ondersteport**, v.11, n.2, p.341-60, 1938.
- RAUN, N.S.; BURROUGHS, W. Suction strainer technique in obtaining rumen fluid samples from intact lambs. **Journal of Animal Science, Champaign**, v.21, n.3, p.454 - 457, Aug. 1962.

- ROSSI JUNIOR, P.; SILVA, A.G. da; WANDERLEY, R. da C. et al. Degradabilidade ruminal da matéria seca e da fração protéica da silagem de milho, do farelo de soja e do grão de sorgo em bovinos da raça Nelore. Comparação com os dados obtidos pelo CNCPS. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.26, n.3, p.599-607. maio/jun. 1997.
- RUIZ, M.E; RUIZ, A. *Nutricion de ruminantes: guia metodologica de investigacion*. San Jose : IICA/RISPAL, 1990. 344p.
- RUSSEL, J.B.; BOTTJE, W.G.; COTTA, M.A. Degradation of protein by mixed cultures of rumen bacteria: identification of *Streptococcus bovis* as an actively proteolytic rumen bacterium. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.53, n.1, p.242-252, July 1981.
- STERN, M.D.; SATTER, L.D. Evaluation of nitrogen solubility and the dacron bag technique as methods for estimating protein degradation in the rumen. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.58, n.3, p.714-724, Mar. 1984.
- SUSMEL, P. Rumen degradability of feeds. *Zootecnica e Nutrizione Animale*, Roma, v.21, n.6, p.5-19, Dec. 1995. Supplement.
- TAMMINGA, S. Protein degradation in the fourstomachs of ruminants. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.49, n.6, p.1615-1630, Dec. 1979.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two stage technique for the in vitro digestibility of forage crops. *Journal of the British Grassland Society*, Berkshire, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- UDEN, P.; PARRA, R.; VAN SOEST, P.J. Factors affecting reliability of the nylon bag technique. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.57, n.5, p.622, May 1974. Abstract.
- UDEN, P.; VAN SOEST, P.J. Investigation of the in situ bag technique and a comparison of the fermentation in heifers, sheep, ponies and rabbits. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.58, n.1, p.213-221, Jan. 1984.
- VALADARES FILHO, S. de C.; SILVA, J.F.C. da; SANTANNA, R. et al. Contaminação bacteriana em resíduos da incubação ruminal de alguns alimentos em sacos de náilon. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.21, n.3, p.467-474, maio/jun. 1992.

- VAN HELLEN, R.W.; ELLIS, W.C. Sample contain porosity for rumen in situ studies. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.44, n.1: p.141-146, Jan. 1977.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant* 2. ed. Ithaca: Cornell Press/Constock Publish, 1994. 476p.
- VAZQUEZ-ANON, M.; HEINRICHS, A.J.; ALDRICH, J.M. et al. Effect of post weaning age on rate of in situ protein disappearance in calves weaned at 5 weeks of age. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.76, n.9, p. 2749-2757, Sept. 1993.
- VIEIRA, R.A.M. *Modelos matemáticos para estimativa de parâmetros da cinética de degradação do capim elefante (Pennisetum purpureum, Schum., cv. Mineiro) em diferentes idades de corte*. Viçosa : UFV, 1995. 88p. (Dissertação - Mestrado em Zootecnia).
- VILELA, E. de A.; RAMALHO, M.A.P. Análises das temperaturas e precipitações pluviométricas de Lavras, Minas Gerais. *Ciência e Prática*, Lavras, v.4, n.1, p.46-55, jan./jun. 1980.
- VILELA, G.L.; VALADARES FILHO, S. de C.; SILVA, J.F.C. da et al. Efeitos de diferentes rações nas degradabilidade in situ potenciais da matéria seca e proteína bruta de vários alimentos. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.23, n.3, p.333-341, maio/jun. 1994.
- WALDO, D.R.; SMITH, L.W.. Model of cellulose disappearance from the rumen. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.55, n.1, p.125-129, Jan. 1972.
- WEAKLEY, D.C.; STERN, M.D.; SATTER, L.D. Factors affecting disappearance of foodstuffs from bags suspended in the rumen. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.56, n.7, p.493-507, 1983.
- WEISS, W.P. Estimation of digestibility of forages by laboratory methods. In: FAHEY Jr., G.C. *Forage quality, evaluation, and utilization*. Madison: American Society of Agronomy, 1994. Cap. 16, p.644-681.

WILKERSON, V.A.; KLOPFENSTEIN, T.J.; STROUP, W.W. A collaborative study of *in situ* forage protein degradation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, n.2, p.583-588, Feb. 1995.

WOHLT, J.E.; CLARCK, J.H.; BLAISDELL, F.S. Effect of sampling location, time, and method of concentration of ammonia nitrogen in rumen fluid. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.59, n.3, p.459-464, Mar. 1976.

## **CAPÍTULO 2**

# **CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO RUMINAL DA MATÉRIA SECA DE ALIMENTOS CONCENTRADOS E VOLUMOSOS ATRAVÉS DAS TÉCNICAS *IN VITRO* E *IN SITU***

## RESUMO

MORON, I.R. Cinética da degradação ruminal da matéria seca de alimentos concentrados e volumosos através das técnicas *in situ* e *in vitro*. Lavras: UFLA, 1999. 191p. (Tese de Doutorado em Nutrição de Ruminantes)\*

Com o propósito de avaliar a técnica *in vitro* para estimar a cinética de degradação ruminal da matéria seca de alimentos concentrados e volumosos, o presente experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras - MG. Foram utilizadas 15 fêmeas não lactantes e gestantes fistuladas no rúmen, sendo três da raça nelore, três da raça holandesa, três da raça jersey, três cabras e três ovelhas sem raça definida para as avaliações de nove alimentos (fubá de milho, farelo de soja, farelo de algodão, farelo de trigo, farinha de carne, capim napier, capim gordura, feno de alfafa e feno de coast cross). Amostras moídas dos alimentos foram colocadas nos sacos de náilon com porosidade aproximada de  $60\mu$ , na quantidade que proporcionou uma relação aproximada de  $20\text{mg}$  de  $\text{MS}/\text{cm}^2$  de superfície. Colocaram-se 27 sacos por vez, três para cada alimento, por 0, 3, 6, 12, 24 e 48 horas no rúmen de cada animal. Os sacos retirados foram lavados em máquina apropriada para lavagem de sacos e secos em estufa a  $65^\circ\text{C}$ . Para a determinação da degradabilidade *in vitro* foi utilizada a primeira fase do método descrito por Tilley e Terry (1963). Amostras dos alimentos, previamente moídos, de peso  $0,5\text{g}$  foram acondicionadas em vidros âmbar de  $100\text{ml}$ . Para cada tempo de incubação foram pesadas três amostras de cada alimento. Para cada corrida foram incluídos três vidros sem amostra (brancos) contendo somente inóculo ruminal e saliva artificial. As amostras foram incubadas em estufa a  $39^\circ\text{C}$  nos tempos de 0, 3, 6, 12, 24 e 48 horas. Após o término de cada tempo, as amostras foram filtradas, secas em estufa a  $65^\circ\text{C}$  e pesadas. A técnica *in vitro* não foi apropriada para estimar a degradação da matéria seca dos concentrados avaliados. Para os volumosos a técnica mostrou-se mais apropriada, mas é necessária a realização de mais pesquisas para verificar a possibilidade de aplicação em outros tipos de volumosos.

---

\* Comitê Orientador: Júlio César Teixeira (Orientador), Juan Ramon O. Perez, Paulo César de A. Paiva, Joel Augusto Muniz.

## ABSTRACT

MORON, I.R. Kinetics of ruminal degradability *in situ* and *in vitro* of dry matter of concentrate and roughage. Lavras: UFLA, 1999. 191p. (Thesis of Doctor in Ruminant Nutrition)\*

The objectives of this study were to evaluate in the concentrate and roughage feeds the relationship between data obtained from *in situ* degradability of dry matter and those from incubation *in vitro*. The work was undertaken at the dairy cattle section of the Animal Science Department at the University Federal of Lavras (UFLA). Fifteen mature and non-lactating female, distributed in three Nelore, three Holstein, three Jersey breed and three sheep and three goats. Each one was fitted with rumen cannula in order to study the ruminal degradability. The feeds tested were: corn meal, soybean meal, wheat bran, cottonseed meal, meat meal, napier grass, *Melinis minutiflora* grass, alfalfa hay and coast cross hay. Approximately 0,6 grams of feed samples were weighted into nylon bag 3 x 5 cm wide, with 60 $\mu$  pore size. Six samples in each one of fifteen animals were used for each feed tested. The nylon bags were placed into each animal rumen during 0, 3, 6, 12, 24 and 48 hours. According to the incubation time, the bags were then removed from rumen, and washed in a machine suitable for bag-washing and dried in a stove at 65°C. In order to determinate the degradability *in vitro*, the first stage of the method described by Tilley and Terry (1963) was used. Samples from feeds were ground by using a 1 mm screen, of weight 0,5 g was conditioned in 100ml glasses. For each time of incubation it was weighed three samples of each feed tested. For each run three glasses were included without sample (white sample) contends only inoculum ruminal and artificial saliva. The samples were incubated in the time of 0, 3, 6, 12, 24 and 48 hours. After finish it at every time the samples were filtered and dried in stove for 65°C and weighed. The *in vitro* technique was not adequate to predict the degradation of the dry matter from all concentrate tested. Therefore for roughage this *in vitro* technique shown more adequate, but it is necessary more researches to verify the application possibility in other type of roughage.

---

\* Adviser Committee: Júlio César Teixeira (Adviser), Juan Ramon O. Perez, Paulo César de A. Paiva and Joel Augusto Muniz.

### 3 INTRODUÇÃO

Os métodos para estudar a degradabilidade ruminal dos alimentos, apesar de serem utilizados há muitas décadas, nos últimos anos têm se desenvolvido consideravelmente. O interesse dos pesquisadores tem sido direcionado em aperfeiçoar técnicas laboratoriais existentes, bem como, produzir técnicas mais precisas. Quanto ao método *in situ*, apesar de sua extensa utilização e de ser considerado um procedimento de relativa precisão e de fácil condução, falta ainda padronizar a técnica para a comparação de valores entre laboratórios. Portanto, por um lado existe a necessidade de definir cuidadosamente os aspectos metodológicos da técnica *in situ* e, por outro de desenvolver um método laboratorial efetivo para avaliar a degradabilidade dos alimentos de forma rotineira e precisa.

Baseado no exposto acima, objetivou-se, com esse trabalho, avaliar a degradabilidade da matéria seca, de alimentos concentrados e volumosos, obtida com uma técnica *in vitro* para estimar a cinética de degradação ruminal através da técnica *in situ*.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Técnicas *in situ* e *in vitro*

A técnica de degradação *in vitro* permite avaliar rapidamente os alimentos sem a dificuldade de manutenção de animais fistulados, desde que as condições de pH, anaerobiose e solução-tampão garantam a continuidade do processo fermentativo. A técnica *in situ* permite ótimas condições de temperatura, pH, tamponamento, substratos, enzimas e fatores de crescimento; no entanto, apresenta elevada contaminação do material nas bolsas com micropartículas da dieta, sendo importante a avaliação dos efeitos da dieta sobre a degradação dos alimentos e frações que o compõem (Mertens, 1993).

Poucos estudos têm sido conduzidos com o objetivo de comparar os métodos *in vitro* e *in situ* para determinar a degradação dos alimentos: Varel e Kreikemeier (1995) os compararam para determinar a cinética da digestão ruminal da FDN de leguminosas e gramíneas. Com o método *in situ* obtiveram menor tempo de colonização, uma taxa mais rápida e maior degradação do que com o método *in vitro*. Segundo os autores, fatores como a menor concentração de microrganismos no inóculo, a inadequada manutenção da temperatura e condições anaeróbias, a remoção de partículas sólidas através da filtração eliminando microrganismos que normalmente degradam a fibra devem ser considerados quando comparam-se os métodos. Malafaia et al. (1996) encontraram curvas de degradação da matéria seca para o fubá de milho e de sorgo e para os farelos de algodão e trigo, semelhante a quando utilizaram as técnicas *in situ* e produção de gás *in vitro*.

Bani, Bertoni e Soressi (1995) compararam a degradabilidade da proteína obtida pelo método *in situ* com os métodos de solubilidade e enzimático,

utilizando alimentos de origem vegetal e animal. Para alimentos de origem animal, os resultados obtidos com os métodos laboratoriais equipararam-se aos resultados obtidos com a técnica *in situ*. Já com os de origem vegetal, o mesmo não aconteceu, provavelmente devido a presença de barreiras não protéicas que bloquearam a atividade das proteases.

Antongiovanni e Acciaioli (1995), examinando os resultados obtidos em vários laboratórios com técnicas *in vitro* (Tilley e Terry, métodos enzimáticos entre outros) e comparando-os aos *in vivo* concluíram que as técnicas de laboratório somente deveriam ser aplicadas para estimar a digestibilidade de volumosos, sendo que entre os métodos estudados os enzimáticos foram superiores ao método Tilley e Terry. Para Susmel et al. (1995), o método de produção de gás *in vitro* foi o mais adequado preditor da degradação *in situ* de forragens quando comparado ao método Tilley e Terry.

A escolha do método deve ser ditada pelo objetivo da pesquisa. Caso seja mais interessante descrever a cinética da digestão afetada pela interação de efeitos do animal e dieta (nível de consumo, passagem, disponibilidade de nutrientes, entre outros) o procedimento *in situ* parece o mais adequado, mas, por outro lado, se o principal interesse é comparar as diferenças intrínsecas do substrato, o procedimento *in vitro* deve ser considerado cuidadosamente (Varel e Kreikemeier, 1995).

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Local e animais

O experimento foi realizado no Laboratório Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras - UFLA. Para a condução das avaliações *in situ* e *in vitro* foram utilizadas 15 fêmeas, não lactantes providas de fistulas ruminais, sendo três da raça holandesa, três da raça nelore, três da raça jersey, além de cabras e ovelhas sem raça definida, três de cada grupo. Esses animais receberam os cuidados, alimentação e manejo já descritos na metodologia geral.

### 5.2 Experimentos

Foram realizadas duas incubações *in situ* e duas *in vitro*, sendo que os mesmos procedimentos realizados na primeira incubação repetidos na segunda incubação. Os dados obtidos nas duas incubações *in situ* foram reunidos fazendo-se o mesmo para as incubações *in vitro*, obtendo-se, então valores médios para as avaliações *in situ* e *in vitro*.

### 5.3 Descrição da técnica *in situ*

Para a determinação da degradabilidade utilizou-se a técnica *in situ*, segundo Mehrez e Orskov (1977), obedecendo-se recomendações propostas por Nocek (1988).

Os sacos, para acondicionamento das amostras, foram confeccionados em náilon coreano 120 fios, com porosidade aproximada de 60 $\mu$ . A porosidade foi determinada com auxílio de microscópio eletrônico, retirando-se amostras de vários locais do tecido e realizando aproximadamente 100 leituras. Cada saco, de

dimensões 3,0 x 5,0cm foi fechado em máquina seladora a quente, deixando-se somente uma extremidade aberta para a introdução da amostra. Os sacos foram então colocados em estufa a 65°C com ventilação forçada por 48 horas, retirados e colocados em dessecador até resfriarem, e pesados. Amostras moídas dos alimentos foram colocadas nos sacos, na quantidade que proporcionou uma relação aproximada de 20mg de MS/cm<sup>2</sup> de superfície. Em seguida, foram fechados e colocados em estufa com ventilação forçada a uma temperatura de 65°C durante 48 horas e depositados em dessecador para resfriarem e serem pesados.

Os sacos correspondentes a cada tempo de incubação foram então colocados em uma sacola de filó, medindo 15 x 30cm, juntamente com um pequeno peso de chumbo de 100g. A sacola foi amarrada com fio de náilon, deixando-se um comprimento livre de 1m. A sacola de filó foi então depositada na região do saco ventral do rúmen por 0, 3, 6, 12, 24 e 48 horas, permanecendo a extremidade do fio de náilon amarrada à cânula. Este procedimento foi repetido para cada um dos 15 animais fistulados; as incubações foram realizadas dentro das três primeiras horas após os animais terem recebido a dieta.

Colocaram-se 27 sacos por vez em cada animal, sendo três sacos por alimento. Os sacos, para cada tempo de incubação, foram colocados dentro do rúmen e, após a retirada destes, outros 27 sacos foram introduzidos. Optou-se por colocar um tempo por vez devido a grande quantidade de alimentos a serem incubados, já que ovinos e caprinos possuem uma abertura de fistula menor, impossibilitando a colocação de todos os tempos e retirada de uma só vez..

Após o término de cada tempo de incubação, a sacola de filó foi retirada do rúmen, aberta e os sacos de náilon, contendo o resíduo da amostra, imediatamente lavados em máquina apropriada para lavagem de sacos e

colocados em estufa a 65°C, durante 48 horas, resfriados em dessecador e pesados.

Os sacos referentes ao tempo zero (utilizados para se determinar a fração prontamente solúvel) foram introduzidos na massa ruminal e imediatamente retirados, recebendo, então, o mesmo tratamento destinado aos demais tempos.

Os resíduos remanescentes das incubações foram analisados quanto a matéria seca, através da pesagem direta dos sacos após secagem em estufa de ventilação forçada a 65° por 48h .

#### 5.4 Descrição da técnica *in vitro*

Para a determinação da degradabilidade *in vitro* foi utilizada a primeira fase do método descrito por Tilley e Terry (1963), ou seja a fase que simula a degradação do substrato no rúmen. Amostras dos alimentos previamente moídos, de peso 0,5g foram acondicionadas em vidros âmbar de 100ml. Para cada tempo de incubação foram pesadas três amostras de cada alimento. Os vidros identificados contendo amostra foram reservados e um pouco antes da coleta de líquido ruminal adicionaram-se 2ml de água destilada em cada vidro, com o objetivo de evitar perda de amostra aderida à parede do vidro. Para cada corrida foram incluídos três vidros sem amostra (brancos), contendo somente inóculo ruminal e saliva artificial.

A saliva artificial de McDougall's (1948) foi feita antes da coleta do líquido, através da mistura dos ingredientes à água destilada e posterior aquecimento até temperatura de 39°C. Posteriormente, seu pH foi ajustado para 6,8 com o borbulhamento de gás carbônico no interior da solução.

O líquido ruminal foi obtido através da fistula ruminal tendo a extração sido feita dentro das três primeiras horas após a alimentação. Nos bovinos a coleta foi manual introduzindo-se, na região ventral do rúmen, um pequeno

vasilhame de plástico. Para os ovinos e caprinos, devido às dimensões da fistula ruminal, a coleta foi feita por meio de uma mangueira conectada a uma bomba a vácuo. O líquido assim succionado desembocava diretamente em erlenmayer sendo posteriormente recolhido.

O líquido retirado era filtrado em quatro camadas de gaze tipo queijo, acondicionado em garrafa térmica previamente aquecida a uma temperatura de 39°C e imediatamente transportado ao laboratório onde era filtrado novamente através de quatro camadas de gaze, sob atmosfera de gás carbônico. Tomou-se o cuidado para que o tempo entre a extração e entrada do líquido no laboratório não excedesse a 15 minutos.

O líquido filtrado foi misturado à saliva artificial na proporção de 10ml de líquido para 40ml de saliva, sendo posteriormente a mistura assim obtida regulada para pH de 6,8 por meio de borbulhamento com gás carbônico. A seguir, a solução foi colocada nos vidros contendo amostra, recebendo gás carbônico para imediatamente após serem fechados com válvulas de Busen (rolhas de borracha contendo uma vareta e uma pequena mangueira cortada para permitir a saída de gases e evitar a entrada de oxigênio). Os vidros, então, sofriam leve agitação manual e eram levados à estufa, regulada a temperatura de 39°C, onde permaneceram por 3, 6, 12, 24 e 48 horas. Os vidros, durante o período de incubação, foram agitados manualmente duas vezes ao dia.

Foram incubados três vidros/alimento/animal/tempo além dos três vidros brancos para cada animal perfazendo um total de 90 vidros. Após o término de cada tempo de incubação (3, 6, 12, 24 e 48 horas), os vidros foram abertos e a estes foram adicionados 6ml de ácido clorídrico a 20% (a adição foi parcelada em três vezes para evitar formação de excesso de espuma e derramamento de amostra) para cessar a fermentação. O conteúdo dos vidros foi então filtrado por meio de bomba a vácuo, em filtro de papel Whatman 54 (Whatman International,

Maidstone) e a seguir levados em estufa de ventilação forçada a 65°C por 48 horas para secagem, posterior pesagem e determinação da matéria seca.

Para determinação da fração solúvel amostras moídas dos alimentos para incubação *in vitro* foram colocadas em sacos de náilon, fechados e introduzidos na massa ruminal, imediatamente retirados, lavados, secos e pesados.

### 5.5 Ordem das incubações

Os experimentos *in situ* e *in vitro* foram realizados concomitantemente. Em primeiro lugar, aproximadamente 300ml de inóculo eram retirados do animal, filtrados e acondicionados em garrafa térmica e, logo após, a sacola de filó contendo os sacos de náilon com as amostras era incubada no animal antes do fechamento da fistula. Foram realizadas três incubações *in vitro* e *in situ* de cada vez, ou seja, foram utilizados três animais por vez para as incubações.

### 5.6 Análises bromatológicas

Os resíduos remanescentes das incubações *in situ* e *in vitro* foram analisados quanto a matéria seca, que foi obtida através da pesagem do saco (*in situ*) ou do filtro (*in vitro*), após secagem a 65°C em estufa de ventilação forçada por 48 horas.

### 5.7 Procedimento experimental

A degradabilidade da matéria seca das amostras incubadas *in situ* e *in vitro* foi calculada separadamente a partir da diferença entre as quantidades incubadas e os resíduos após a incubação. A estimativa dos parâmetros (a, b e c) dos modelos não lineares de degradação dos alimentos, nos diferentes tempos de incubação, foi realizada por processos iterativos, de modo a tornar mínima a soma de quadrados dos erros através de regressão não linear pelo método de

Gauss-Newton (Neter, Wasserman e Kutner, 1985), com auxílio do Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (Euclides, 1997). Foi utilizada para a estimativa de tais parâmetros a seguinte equação, proposta por Orskov e McDonald (1979):

$$Y = a + b (1 - e^{-ct}) \quad \text{sendo:}$$

Y = degradabilidade acumulada do componente nutricional, após um tempo t

a = intercepto da curva de degradabilidade quando t=0, correspondendo a fração solúvel (FSO) do componente nutritivo analisado

b = degradabilidade potencial da fração insolúvel do componente nutritivo (FIPD) que é degradado a uma taxa c

c = taxa de degradação (TD) por ação fermentativa da fração b

t = tempo de incubação (horas)

Uma vez calculadas as constantes a, b e c, foram estas aplicadas à equação proposta por Orskov e McDonald (1979):

$$P = a + ((b \times c)/(c + k)) \quad \text{sendo:}$$

P = degradabilidade ruminal efetiva do componente nutritivo analisado

k = taxa de passagem ruminal do alimento (%/h)

O desaparecimento da matéria seca dos alimentos nos diferentes tempos de incubação foram submetidos a análise de variância, utilizando-se o software Statistical Analysis System (SAS, 1991). Utilizou-se delineamento estatístico inteiramente casualizado em um fatorial 9 x 2 x 5, ou seja, 9 alimentos, 2 técnicas e 5 grupos genéticos com 6 repetições. As médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD), taxa de degradação da fração insolúvel (TD) e respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) das equações para a degradabilidade da matéria seca dos alimentos obtidos através das técnicas *in situ* e *in vitro* estão na Tabela 5. A fração solúvel (FSO) corresponde à parte solúvel do alimento mais as partículas eliminadas através da malha dos sacos quando esses são imersos no líquido ruminal e posteriormente lavados em água corrente.

A fração solúvel dos alimentos diferiu entre as técnicas para o fubá de milho (FMI), farelo de trigo (FTR) e feno de coast cross (FCC). As amostras para utilização na técnica *in situ* foram processadas em moinho provido de peneira de 2mm enquanto as de *in vitro* na 1mm, sendo que os valores obtidos para o diâmetro médio geométrico das amostras moídas em diferentes peneiras foram muito próximos. Portanto, a diferença encontrada nesses alimentos poderia ser atribuída possivelmente à inadequada homogeneização das amostras com conseqüente estratificação de partículas, desde que, para ambas as técnicas a fração solúvel tenha sido obtida por imersão dos sacos em líquido ruminal.

Valadares Filho et al. (1990) obtiveram para o fubá de milho e farelo de trigo 13,79 e 26,55%, respectivamente, enquanto Santos (1994) de 22,2 e 46,8%, valores esses mais próximos aos obtidos nesse experimento. Percebe-se que apesar de ser uma característica inerente ao alimento, os resultados obtidos nas pesquisas são variáveis.

TABELA 5 Fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD), taxa de degradação (TD) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as equações de degradabilidade da matéria seca obtidas pelas técnicas *in situ* (IS) e *in vitro* (IV)

	FSO (%)		FIPD (%)		TD (%/h)		$R^2$ (%)	
	IS	IV	IS	IV	IS	IV	IS	IV
Concentrados								
FMI	21,2	14,2	74,0	82,0	5,49	2,75	96,7	92,7
FSJ	46,2	40,8	50,5	41,0	8,13	5,08	91,6	92,2
FTR	50,7	31,3	28,4	50,9	12,82	5,53	95,2	90,0
FCA	22,0	21,3	17,9	35,9	11,93	64,51	92,3	92,5
FAG	15,8	17,4	48,2	57,7	4,99	2,82	95,0	95,7
Volumosos								
FAL	29,1	28,3	48,1	45,4	5,94	3,99	94,6	95,7
CGO	18,4	15,3	57,2	71,3	2,63	1,80	95,4	93,9
CNA	19,8	18,6	54,9	61,2	2,83	2,63	95,4	96,3
FCC	20,4	16,8	54,0	71,1	3,28	2,65	95,5	96,0

Para a fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) dos concentrados percebem-se menores valores obtidos para todos os alimentos com a técnica *in situ*, exceto para o farelo de soja (FSJ). Nos volumosos, somente o feno de alfafa (FAL) foi superior na técnica *in situ* (IS). Malafaia et al. (1996) relataram valores para a FIPD obtidos através de técnicas *in situ* e *in vitro* de 90,9% e 94,2% para o fubá de milho (FMI), de 59,3% e 69,1% para o farelo de

soja (FSJ), de 77,7% e 36,0% para o farelo de algodão (FAG) e de 44,2% e 58,9% para o farelo de trigo (FTR).

Os valores obtidos foram bem diferentes aos relatados neste experimento, para ambas as técnicas, mas para o fubá de milho e farelo de trigo houve a mesma tendência de maiores valores para a técnica *in vitro*. Os autores obtiveram curvas de degradação similares entre as técnicas, apesar das diferenças obtidas para os parâmetros cinéticos, e atribuem essa similaridade à combinação de todos os parâmetros do modelo.

Para a taxa de degradação (TD) da fração insolúvel potencialmente degradável, os valores obtidos através da técnica *in situ* somente foram inferiores à técnica *in vitro* para a farinha de carne (FCA) implicando que os alimentos tem maior potencial de degradação quando submetidos ao meio ruminal. A farinha de carne, devido ao seu processamento e composição, é um alimento de baixa degradação ruminal. Possivelmente, o maior valor para a farinha de carne, na técnica *in vitro*, esteja ligado ao maior contato da partícula com o inóculo ruminal permitindo o ataque mais intenso dos microrganismos.

Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para os valores de desaparecimento da matéria seca dos alimentos obtidos pelas técnicas *in vitro* e *in situ* foram superiores a 95,0%, significando uma estreita dependência entre as variáveis tempo de incubação e degradação do alimento. Na Tabela 6, encontram-se as degradabilidades efetivas da matéria seca dos alimentos obtidas com as técnicas *in situ* (IS) e *in vitro* (IV) nas taxas de passagens teóricas de 2 (DEMS2), 5 (DEMS5) e 8%/h (DEMS8).

Percebe-se, entre os concentrados, maiores valores para matéria seca efetivamente degradada estimada pela técnica *in situ* (IS), exceto para a farinha de carne (FCA), cujo valores foram menores, e para o farelo de algodão (FAG) cujos valores foram muito próximos. Ferasin et al. (1995) também observaram

maiores valores para a degradabilidade efetiva nas mesmas taxas de passagens para a técnica *in situ* quando comparada ao método *in vitro* enzimático. Portanto, a degradação de alimentos com frações altamente fermentáveis foi muito maior nas condições ruminais, em que ocorre a absorção dos produtos finais da fermentação e manutenção do pH em limites aceitáveis. Para a farinha de carne, como dito anteriormente, o ambiente *in vitro* favoreceu a degradação dessa fonte rica em proteína não degradada no rúmen.

TABELA 6 Degradabilidade efetiva da matéria seca (%) dos alimentos estimada nas taxas de passagens teóricas de 2 (DEMS2), 5 (DEMS5) e 8%/h (DEMS8) pelas técnicas *in situ* (IS) e *in vitro* (IV)

	DEMS2		DEMS5		DEMS8	
	IS	IV	IS	IV	IS	IV
Concentrados						
FMI	75,0	60,9	59,5	42,9	51,0	35,0
FSJ	86,0	68,3	76,7	72,3	71,0	55,4
FTR	74,9	66,0	70,6	59,2	67,6	50,4
FCA	36,8	55,6	34,0	62,8	32,1	52,0
FAG	44,6	44,5	34,6	36,6	30,0	28,8
Volumosos						
FAL	64,4	52,1	54,7	53,0	49,2	39,4
CGO	48,4	47,4	36,6	34,2	31,5	27,7
CNA	48,7	49,9	37,8	40,6	32,9	31,9
FCC	52,4	53,9	40,8	39,5	35,4	32,6

Apesar dos inconvenientes de eliminar a população aderida às partículas da digesta no processo de filtração do material, inviabilizar microrganismos sensíveis quando retirados do ambiente ruminal e variações na natureza do inóculo (Nocek, 1988; Van Soest, 1994), o sistema *in vitro* apresentou valores muito próximos para os volumosos estudados, exceto para o feno de alfafa (FAL). Provavelmente, devido a alta quantidade de carboidratos estruturais nas gramíneas estudadas e conseqüente baixa taxa de fermentação, o sistema tamponante foi adequado na manutenção do pH, crescimento microbiano e fermentação do substrato.

Nas Tabelas 7 e 8 são apresentadas as degradabilidades efetivas (DE) da matéria seca dos concentrados e volumosos, nas taxas de passagens teóricas de 2, 5 e 8%/h, obtidas através das técnicas *in situ* (IS) e *in vitro* (IV) nos diferentes grupos genéticos.

TABELA 7 Degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca dos concentrados (%), obtida nas taxas de passagens 2, 5 e 8%/h, com as técnicas *in situ* (IS) e *in vitro* (IV) nos diferentes grupos genéticos

	NE		HO		JE		CA		OV	
	IS	IV	IS	IV	IS	IV	IS	IV	IS	IV
<b>DE</b>	<b>FMI</b>									
2	76,8	55,1	74,1	58,2	75,3	56,9	74,7	67,3	74,1	66,8
5	62,2	38,0	58,2	40,0	59,7	38,8	58,9	49,1	58,8	48,4
8	53,7	31,1	49,8	32,4	51,1	31,2	50,2	40,4	50,3	39,6
<b>DE</b>	<b>FSJ</b>									
2	90,0	69,3	86,3	67,7	89,4	71,8	82,5	64,5	82,0	68,1
5	81,8	68,1	77,4	71,5	80,9	75,0	72,0	70,3	71,4	76,6
8	76,3	56,5	71,8	54,4	75,3	57,4	66,0	53,6	65,7	55,3
<b>DE</b>	<b>FTR</b>									
2	77,2	64,8	74,8	65,8	76,3	68,1	73,5	64,8	72,5	66,4
5	72,9	51,0	69,9	63,5	72,5	61,6	69,0	59,6	68,5	60,3
8	69,8	47,9	66,7	51,4	69,6	51,0	66,2	51,7	65,9	50,0
<b>DE</b>	<b>FCA</b>									
2	35,7	55,8	35,8	56,1	36,3	52,8	38,6	57,3	37,6	56,3
5	32,9	61,1	32,8	60,8	33,5	59,4	35,6	66,6	35,1	66,0
8	31,0	51,5	31,1	50,1	31,6	50,1	33,7	54,4	33,3	53,8
<b>DE</b>	<b>FAG</b>									
2	48,4	44,4	44,6	40,8	45,6	46,5	44,9	42,8	39,2	47,8
5	37,4	38,0	33,7	36,8	35,6	34,3	34,4	36,1	32,0	38,1
8	31,9	28,7	29,0	27,7	30,9	28,5	29,6	28,7	28,4	30,3

TABELA 8 Degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca dos volumosos (%), obtida nas taxas de passagens 2, 5 e 8%/h, com as técnicas *in situ* (IS) e *in vitro* (IV) nos diferentes grupos genéticos

	NE		HO		JE		CA		OV	
	IS	IV								
DE	FAL									
2	68,6	53,1	66,1	51,3	66,5	53,9	62,3	50,0	58,6	52,0
5	59,4	54,3	56,0	53,1	56,4	51,2	52,7	52,0	49,0	54,4
8	53,7	40,1	50,2	38,8	50,5	39,4	47,7	38,9	44,1	40,0
DE	CGO									
2	55,7	49,5	51,6	46,3	52,7	46,6	43,9	47,5	38,2	47,1
5	41,8	35,0	38,9	33,8	39,1	33,3	33,1	33,6	29,9	35,3
8	35,4	28,3	33,1	27,5	33,4	27,1	28,9	28,1	26,6	27,4
DE	CNA									
2	56,3	50,2	52,2	47,7	52,0	51,1	43,9	47,5	39,0	52,8
5	43,9	39,8	40,3	39,9	40,1	39,6	33,6	41,9	31,0	42,0
8	37,7	32,0	34,6	31,6	34,7	31,4	29,7	31,7	27,9	32,6
DE	FCC									
2	59,3	52,6	55,6	53,0	56,0	55,8	49,1	51,6	42,0	56,7
5	45,7	39,5	43,0	38,0	43,1	38,3	38,3	40,8	33,8	41,0
8	38,9	32,9	37,0	31,6	37,0	31,8	33,7	33,5	30,4	33,1

Nota-se, nas Tabelas 7 e 8, que os valores obtidos *in vitro*, nos diferentes grupos genéticos, foram muito próximos para a farinha de carne (FCA), farelo de algodão (FAG) e farelo de trigo (FTR), sendo que para o fubá de milho (FMI) os

maiores valores podem ser observados nos caprinos e ovinos e para o farelo de soja (FSJ) os menores para caprinos. Na técnica *in situ* observa-se uma tendência para maiores valores para a raça nelore (NE) no fubá de milho (FMI), farelo de soja (FSJ) e farelo de trigo (FTR), sendo que para a farinha de carne (FCA) e farelo de algodão (FAG) os valores foram muito próximos. Para os volumosos, os valores obtidos *in vitro*, entre grupos genéticos, foram muito próximos e seguiram a mesma tendência dos obtidos *in situ*, exceto para caprinos e ovinos que tenderam a ser levemente maiores na técnica *in vitro*.

As diferenças entre grupos tenderam a ser menores quando utilizou-se a técnica *in vitro*. Grant, Van Soest e McDowell (1974) também não encontraram diferenças na digestibilidade *in vitro* da matéria seca quando o fluido ruminal foi coletado em diferentes grupos genéticos.

A coleta do inóculo via sonda em caprinos e ovinos pode ter favorecido a retirada de um inóculo mais homogêneo, constituído de microrganismos que degradam carboidratos estruturais e não estruturais, ocasionando uma maior degradação dos alimentos no sistema *in vitro*. Segundo Craig, Broderick e Ricker, (1983), o inóculo constituído por partículas sólidas e fluido tem uma digestão mais rápida devido ao maior número e atividade enzimática dos microrganismos associados com as partículas.

Nas Tabelas de 9 a 12 pode-se visualizar a degradabilidade estimada no tempo obtida com as técnicas *in situ* e *in vitro* nos diferentes grupos genéticos, tendo havido interação significativa ( $P < 0,0001$ ) entre alimento x técnica, técnica x grupo genético, alimento x grupo genético e entre técnica x alimento x grupo genético.

Na Tabela 9 encontra-se o desdobramento da interação alimento x técnica, expressa pelo teste de média, comparando-se as técnicas em cada

alimento e tempo. Verificam-se as mesmas tendências já relatadas anteriormente, com maiores valores para a técnica *in situ*, principalmente para os concentrados.

TABELA 9 Médias de degradabilidade da matéria seca (%) estimada e seus respectivos erros padrão (EP), de acordo com o desdobramento da interação alimento x técnica

		6 h	12 h	24 h
FMI	IS	41,8 a	56,6 a	74,8 a
	IV	26,7 b	37,1 b	53,2 b
	EP	0,66	0,90	1,17
FSJ	IS	65,4 a	76,8 a	88,2 a
	IV	50,9 b	58,0 b	67,0 b
	EP	0,85	0,99	0,92
FTR	IS	65,4 a	72,0 a	76,9 a
	IV	44,9 b	54,0 b	64,8 b
	EP	0,75	0,57	0,49
FCA	IS	30,7 b	34,7 b	37,8 b
	IV	54,2 a	56,5 a	57,1 a
	EP	0,65	0,60	0,60
FAG	IS	25,2 a	32,1 a	41,5 a
	IV	24,3 a	29,9 b	38,6 b
	EP	0,34	0,52	0,90
FAL	IS	43,4 a	53,2 a	64,7 a
	IV	35,6 b	41,0 b	48,5 b
	EP	0,64	0,85	1,02
CGO	IS	26,2 a	32,8 a	43,0 a
	IV	22,2 b	28,4 b	38,9 b
	EP	0,36	0,63	1,09
CNA	IS	27,9 a	34,5 a	44,4 a
	IV	26,5 b	33,1 a	43,5 a
	EP	0,45	0,74	1,18
FCC	IS	29,7a	37,3 a	48,4 a
	IV	26,2 b	34,0 b	46,5 a
	EP	0,42	0,71	1,11

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F

Nas Figuras 1, 2, 3, 4 e 5 nota-se que as divergências nos parâmetros cinéticos produziram curvas também bastante diferentes para os concentrados avaliados, exceto para o farelo de algodão (FAG). Entre os volumosos, observam-se curvas muito próximas, exceto para o feno de alfafa (FAL). Confirmando, na figura 5, pode-se observar curvas muito próximas para os volumosos avaliados, não ocorrendo o mesmo para os concentrados.

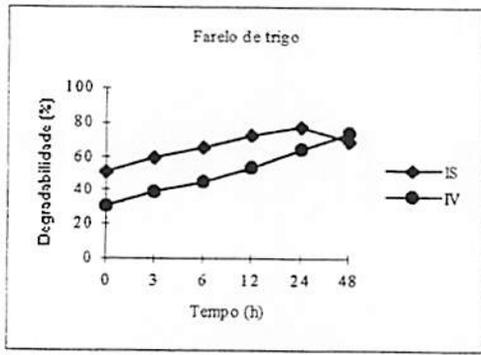
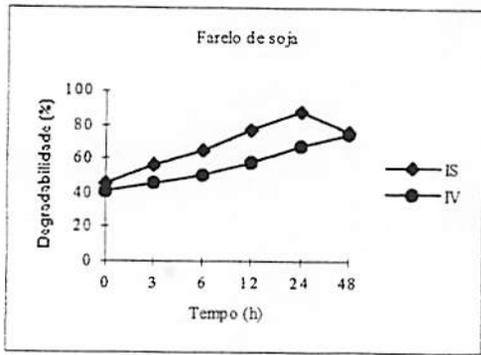
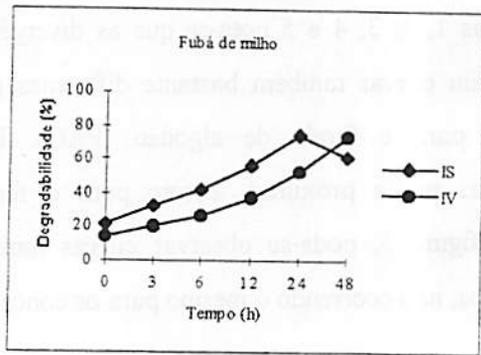
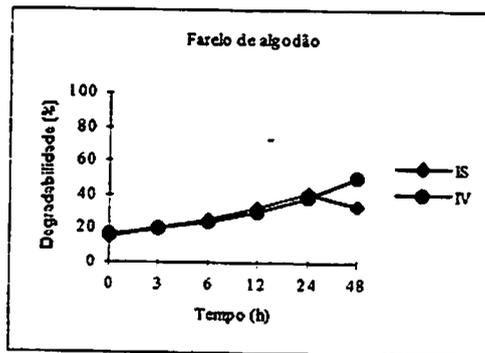
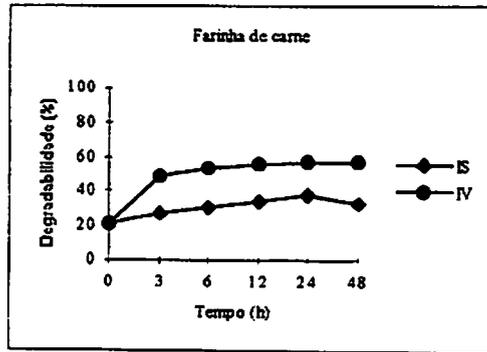


FIGURA 1 Degradabilidade estimada nos tempos de incubação através das técnicas *in situ* e *in vitro*, para o fubá de milho, farelo de soja e farelo de trigo



**FIGURA 2** Degradabilidade estimada nos tempos de incubação através das técnicas *in situ* e *in vitro*, para a farinha de carne e farelo de algodão

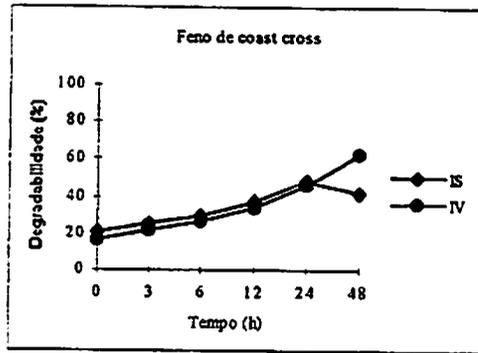
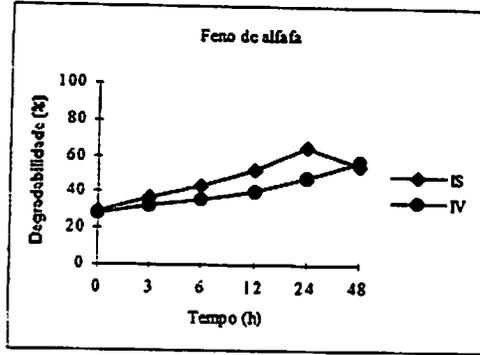


FIGURA 3 Degradabilidade estimada nos tempos de incubação através das técnicas *in situ* e *in vitro*, para os fenos de alfafa e coast cross

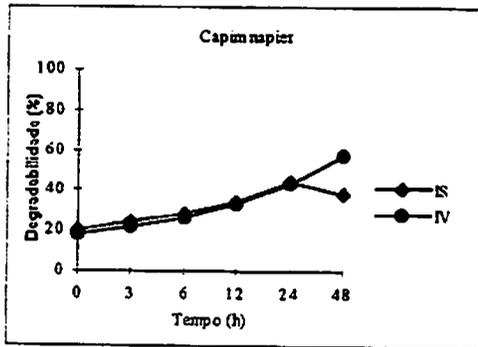
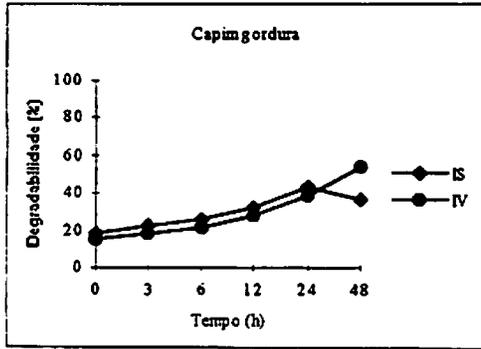


FIGURA 4 Degradabilidade estimada nos tempos de incubação através das técnicas *in situ* e *in vitro*, para os capins gordura e napier

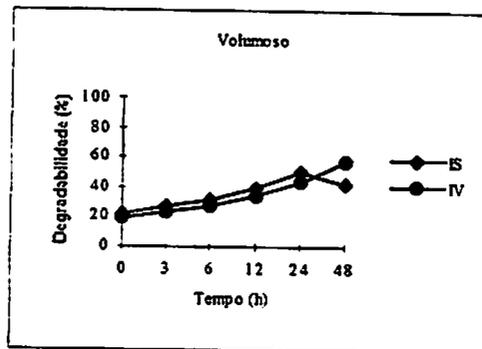
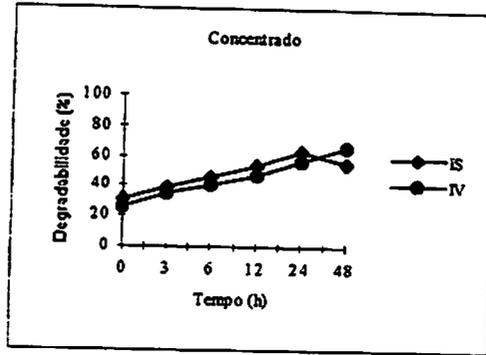


FIGURA 5 Degradabilidade estimada nos tempos de incubação através das técnicas *in situ* e *in vitro*, para os concentrados e volumosos

Na Tabela 10, pode-se observar o desdobramento da interação entre técnica x grupo genético expressa pelo teste de médias, comparando-se a utilização das técnicas nos grupos genéticos e tempo. Notam-se, maiores ( $P < 0,05$ ) valores de desaparecimento na técnica *in situ* (IS) para o grupo dos bovinos em relação aos caprinos e ovinos, enquanto que para a técnica *in vitro* observa-se o inverso, principalmente no tempo de 12 horas. O método de coleta do inóculo ruminal parece não ter influenciado no desaparecimento da matéria seca, visto que caprinos e ovinos, no geral, obtiveram degradações maiores que os bovinos.

TABELA 10 Médias de degradabilidade da matéria seca (%) estimada e seus respectivos erros padrão (EP), de acordo com o desdobramento da interação técnica x grupo genético

	12 h		24 h	
	IS	IV	IS	IV
NE	51,8 a	41,2 ab	62,9 a	51,0 ab
HO	48,0 b	40,5 b	58,6 b	49,8 b
JE	49,8 a	40,2 b	60,1 b	50,1 ab
CA	45,3 c	42,6 a	54,8 c	51,6 ab
OV	44,0 c	42,1 a	52,3 d	52,1 a
EP	2,33	1,58	2,50	1,47

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Nas Tabelas 11 e 12 pode-se visualizar o desdobramento da interação alimento x grupo genético expressa pelo teste de médias, comparando-se os alimentos em cada grupo genético e tempo.

TABELA 11 Médias de degradabilidade da matéria seca (%) estimada e seus respectivos erros padrão (EP), de acordo com o desdobramento da interação alimento x grupo genético

Fubá de milho						
Tempo (h)	NE	HO	JE	CA	OV	EP
12	46,2 bc	44,2 c	44,7 c	49,6 a	44,2 c	3,20
24	62,1 b	60,8 b	61,4 b	67,9 a	67,7 a	3,63
Farelo de soja						
12	72,3 a	67,6 b	71,2 a	63,0 c	63,0 c	3,03
24	82,2 a	77,9 b	81,3 ab	73,2 c	73,2 c	3,29
Farelo de trigo						
12	64,0 a	62,5 a	64,1 a	63,1 a	61,5 a	2,86
24	72,7 a	70,2 a	71,4 a	70,5 a	69,4 a	1,96
Farinha de carne						
12	45,3 a	44,6 a	44,1 a	47,1 a	46,9 a	3,40
24	47,2 a	47,3 a	45,7 a	48,9 a	48,2 a	3,05
Farelo de algodão						
12	31,9 a	29,5 a	31,4 a	30,8 a	31,3 a	0,87
24	41,7 a	37,8 a	41,1 a	40,0 a	39,5 a	1,47

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

TABELA 12 Médias de degradabilidade da matéria seca (%) estimada e seus respectivos erros padrão (EP), de acordo com o desdobramento da interação alimento x grupo genético

Feno de alfafa						
Tempo (h)	NE	HO	JE	CA	OV	EP
12	50,4 a	47,4 ab	47,8 ab	45,7 bc	44,2 c	2,22
24	60,2 a	57,4 ab	58,2 ab	54,4 bc	52,7 c	2,82
Capim gordura						
12	33,3 a	31,6 ab	31,3 ab	29,1 bc	27,7 c	1,07
24	45,7 a	42,5 ab	42,3 ab	38,2 bc	36,2 c	1,58
Capim napier						
12	36,9 a	35,0 ab	34,3 ab	31,8 bc	31,0 c	1,04
24	48,9 a	45,9 a	45,4 a	40,2 b	39,4 b	1,58
Feno de coast cross						
12	38,2 a	36,0 ab	36,0 ab	35,3 ab	32,8 b	1,37
24	51,5 a	48,3 ab	49,0 ab	45,4 cb	43,0 c	1,60

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Nas Tabelas 11 e 12 pode-se perceber uma tendência a maiores desaparecimentos ( $P < 0,05$ ) da matéria seca no grupo dos bovinos principalmente para alimentos volumosos. Para os concentrados, somente houve diferença para o fubá de milho (FMI) e farelo de soja (FSJ).

Playne, Khumnalthong, Echevarria (1978) sugerem que as diferenças nos valores de degradabilidade entre bovinos e ovinos pode ser maior para forragens

de baixa qualidade. Huntington e Givens (1995) relatam que as diferenças entre espécies de ruminantes adultos são pequenas e que podem estar relacionadas às diferentes taxas de passagens no rúmen.

## 7 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a técnica *in vitro* avaliada não foi apropriada para estimar a degradação da matéria seca de concentrados. Para os volumosos, a técnica mostrou-se mais apropriada, mas é necessária a realização de mais pesquisas para verificar a possibilidade de aplicação em outros tipos de volumosos.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTONGIOVANNI, M.; ACCIAIOLI, A. Accuracy of estimates of in vivo digestibility values by means of in vitro laboratory techniques. *Zootecnica e Nutrizione Animale*, Roma, v.21, n.6, p.47-50. Dec. 1995. Supplement.
- BANI, P.; BERTONI, G.; SORESSI, A. In situ and in vitro techniques to estimate ruminal protein degradability behavior. *Zootecnica e Nutrizione Animale*, Roma, v.21, n.6, p.113-119. Dec. 1995. Supplement.
- CRAIG, W.M.; BRODERICK, G.A.; RICKER, D.B. Quantation of microorganisms associated with rumen particles. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.57, p.711, 1983. Supplement 1. (Abstract).
- EUCLYDES, R.F. Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas). Viçosa : UFV, 1997. 150p.
- FERASIN, L.; TERRAMOCCIA, S.; BAILONI, L. et al. Comparison between in sacco and in vitro estimates of rumen protein degradability. *Zootecnica e Nutrizione Animale*, Roma, v.21, n.6, p.121-126. Dec. 1995. Supplement.
- GRANT, R.J.; VAN SOEST, P.J.; McDOWELL, R.E. Influence of rumen fluid source and fermentation time on in vitro dry matter digestibility. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.57, n.10, p.1201-1205, Oct. 1974.
- HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The in situ technique for studying the rumen degradation of feeds: A review of the procedure. *Nutrition Abstracts and Reviews*, Series B, London, v.65, n.2, p.63-90, Feb. 1995.
- MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.C. da et al. Degradabilidade potencial de alguns concentrados estimada *In situ* e *In vitro*. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. Anais... Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p.309 - 311.

- McDOUGALL, E.I.** Studies on ruminant saliva. 1 - The composition and output of sheep's saliva. *Biochemical Journal*, Cambridge, v.43, n.1, p.99-100. 1948.
- MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R.** A study of the artificial fiber bag technique for determination the digestibility of feeds in the rumen *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v.88, n.3, p.645-650, June. 1977.
- MERTENS, D.R.** Kinetics of cell wall digestion and passage in ruminants. In: **JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D. et al.** *Forage cell wall structure and digestibility*. Madison: American Society of Agronomy, 1993. Cap. 21, p.535-570.
- NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNER, M.H.** *Linear statistical models: regression, analysis of variance, and experimental design*. 2. ed. USA : Richard D. Irwin, 1985. 1125p.
- NOCEK, J.E.** In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.71, n.8, p.2051-2069, Aug. 1988.
- ORSKOV, E.R.; McDONALD, I.** The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v.92, n.2, p.499-503, Apr. 1979.
- PLAYNE, M.J.; KHUMNALTHONG, W.; ECHEVARRIA, M.G.** Factors affecting the digestion of esophageal fistula samples and hay in nylon bags in the rumen of cattle. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v.90, p.193 -204, 1978.
- SANTOS, R. M. dos.** *Cinética da digestão ruminal de alguns alimentos concentrados e volumosos para vacas das raças Holandesa e Jersey*. Lavras : UFLA, 1994. 56p. (Dissertação - Mestrado em Zootecnia).
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE.** *SAS user's guide*. Statistical edition. Cary: SAS Institute, 1991. 754p.

- SUSMEL, P.; MILLS, C.R.; SPANGHERO, M. et al.** The prediction of the nutritive value and degradability of Mediterranean forages by in vitro gas production. *Zootecnica e Nutrizione Animale*, Roma, v.21, n.6, p.135-142. Dec. 1995. Supplement.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A.** A two stage technique for the in vitro digestibility of forage crops. *Journal of the British Grassland Society*, Berkshire, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- VALADARES FILHO, S. de C.; SILVA, J.F.C. da; LEÃO, M.I.** Eficiência de síntese microbiana em novilhos Holandeses, Nelores e Búfalos mestiços, obtida por diferentes métodos. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.19, n.5, p.424-430, 1990.
- VAN SOEST, P.J.** *Nutritional ecology of the ruminant* 2. ed. Ithaca: Cornell Press/Constock Publish, 1994. 476p.
- VAREL, V.H.; KREIKEMEIER, K.K.** Technical note: comparison of in vitro and In situ digestibility methods. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.73, n.2, p.578-582. Feb. 1995.

## **CAPÍTULO 3**

# **CINÉTICA DA DEGRADAÇÃO RUMINAL *IN SITU* DA MATÉRIA SECA E DA PROTEÍNA BRUTA DE ALIMENTOS CONCENTRADOS EM BOVINOS, CAPRINOS E OVINOS**

## RESUMO

MORON, I.R. Cinética da degradação ruminal *in situ* da matéria seca e da proteína bruta de alimentos concentrados em bovinos, caprinos e ovinos. Lavras: UFLA, 1999. 191p. (Tese de Doutorado em Nutrição de Ruminantes)\*

Os concentrados devem ser avaliados para sua correta utilização em rações de bovinos, ovinos e caprinos. Considerando a importância de tais alimentos nas dietas de ruminantes o presente trabalho foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras-MG, com a finalidade de detectar possíveis diferenças entre grupos genéticos de ruminantes quanto a degradação da matéria seca e proteína bruta de alimentos concentrados. Foram utilizadas 15 fêmeas não lactantes e não gestantes fistuladas no rúmen, sendo três da raça nelore, três da raça holandesa, três da raça jersey, três cabras e três ovelhas sem raça definida. Foram avaliados cinco concentrados (fubá de milho, farelo de soja, farelo de algodão, farelo de trigo e farinha de carne). Amostras moídas dos alimentos foram colocadas nos sacos com porosidade aproximada de 60 $\mu$ , na quantidade que proporcionou uma relação aproximada de 20mg de MS/cm<sup>2</sup> de superfície. Colocaram-se trinta sacos por vez, seis para cada alimento, por 0, 3, 6, 12, 24 e 48 horas no rúmen de cada animal. Para as análises de proteína bruta, fez-se uma amostra composta para cada tempo de incubação, sendo que as seis repetições de cada alimento incubadas em cada um dos 15 animais constituíram uma amostra composta. A degradabilidade estimada no tempo dos nutrientes foi submetida a análise de variância em que foram considerados dois fatores (concentrado e grupo genético) e a interação entre estes. Os concentrados avaliados diferiram quanto a degradação da matéria seca e proteína bruta no rúmen, sendo o farelo de soja e o farelo de trigo os alimentos mais efetivamente degradados. A farinha de carne apresentou uma baixa degradabilidade da matéria seca e proteína bruta no rúmen. Bovinos, caprinos e ovinos mostraram habilidades semelhantes quanto a degradação da matéria seca e proteína bruta do fubá de milho, farinha de carne e farelo de trigo, enquanto que para o farelo de soja e farelo de algodão os bovinos foram superiores. Caprinos e ovinos mostraram capacidade semelhante quanto à degradação da matéria seca e proteína bruta dos concentrados.

---

\* Comitê Orientador: Júlio César Teixeira (Orientador), Juan Ramon O. Perez, Paulo César de A. Paiva, Joel Augusto Muniz

## ABSTRACT

MORON, I.R. Kinetics of ruminal degradability *in situ* of dry matter and crude protein of concentrate feeds in cattle, goat and sheep. Lavras: UFLA, 1999. 191p. (Thesis of Doctor in Ruminant Nutrition)\*

The concentrate feed should be evaluated for its correct use in rations of cattle, sheep and goats. Considering the importance of concentrate in the ruminant rations the present work was carried out to investigate the differences in kinetics of digestion of concentrate feeds in the rumen from cattle, sheep and goats. The work was undertaken at the dairy cattle section of the Animal Science Department Department at the University Federal of Lavras (UFLA). Fifteen mature and non-lactating female, distributed in three Nelore, three Holstein, and three Jersey breed and three sheep and three goats. Each one was fitted with rumen cannula in order to study the ruminal degradability. A total of five concentrate were evaluate: (corn ground, soybean meal, wheat bran, cottonseed meal and meat meal). Samples were ground and placed in nylon bag 3 x 5cm wide, with approximately 60 $\mu$  of pore size, in the amount that provided one relation of approximately 20mg of DM/ cm<sup>2</sup> of surface. Six samples of each concentrate feed were used in each of those fifteen animals. The nylon bags were placed into each animal rumen during 0, 3, 6, 12, 24 and 48 hours. According to the incubation time, the nylon bags were then removed from the rumen and dried in a forced-air oven for 48<sup>o</sup>h at 65<sup>o</sup>C. For the crude protein analyses was made by a compound sample for each incubation time, by using six replicates for each feed in each of the fifteen animals that made up a mixed sample. The degradability by considering the time of the nutrients were subjected to the variance analysis, where two factors were considered (concentrate feeds and genetic group) and the interaction were analyzed. The evaluation of concentrates shown differences for degradation for the dry matter and crude protein in the rumen. The results shown that soybean meal and the wheat bran were better degraded in relation to the others concentrate tested. Cattle, goats and sheep did not show differences in the degradation in dry matter and crude protein for ground corn, meat meal and wheat bran. The genetic groups shown differences in degradation of dry matter and crude protein for soybean meal and cottonseed meal being that cattle shown better results than sheep and goat. The results also shown that sheep and goat had similarities in degradation rates for the concentrates feed tested.

---

\* Adviser Committee: Júlio César Teixeira (Adviser), Juan Ramon O. Perez, Paulo César de A. Paiva and Joel Augusto Muniz.

### 3 INTRODUÇÃO

A utilização do nitrogênio da dieta difere nos animais que contam, principalmente, de um processo digestivo hidrolítico simples, daqueles dependentes amplamente de um tipo de digestão fermentativa. A intervenção dos microrganismos no início do processo digestivo dos ruminantes capacita-os a utilizar o nitrogênio não protéico da dieta de forma eficiente, transformando uma proteína de baixa qualidade em proteína microbiana de alta qualidade, além de possibilitar a sobrevivência, em condições de baixo consumo de nitrogênio, através da utilização do nitrogênio reciclado dentro do rúmen via saliva. Essas vantagens são acompanhadas, entretanto, pela desvantagem da ocorrência, sob certas condições, de uma maior degradação protéica da dieta em relação à sintetizada pelos microrganismos, resultando em perda de proteína.

A avaliação e caracterização do alimento são essenciais neste contexto por fornecer informações a respeito da quantidade de proteína que é degradada no rúmen e utilizada pelos microrganismos e aquela que passa pelo rúmen para ser absorvida no intestino. A técnica *in situ*, amplamente utilizada com esse propósito, é o melhor método disponível para determinações de rotina da degradabilidade da proteína no rúmen e tem sido adotado para a compilação de tabelas de diversos alimentos.

Os concentrados importantes, principalmente para a complementação do déficit energético e/ou protéico das dietas à base de volumosos, devem ser avaliados para sua correta utilização em rações. Além disso, é de fundamental importância conhecer a cinética da degradação de tais alimentos em diferentes grupos genéticos de ruminantes no estabelecimento de tabelas específicas para cada grupo. Com base no exposto acima, objetivou-se avaliar a cinética da

**degradação ruminal *in situ* de alguns alimentos concentrados em bovinos, caprinos e ovinos.**

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Degradação dos nutrientes no rúmen

A principal finalidade na alimentação dos ruminantes deveria ser a de otimizar a fermentação ruminal, de tal modo que o crescimento microbiano seja o máximo. Maximização do crescimento microbiano requer que todos os nutrientes necessários aos microrganismos estejam presentes em níveis ideais.

As rações para ruminantes, tradicionalmente, têm sido balanceadas de acordo com a quantidade de específicos componentes dos alimentos (fibra bruta, energia, proteína bruta). Segundo Nocek e Russel (1988), a taxa de degradação do alimento no rúmen tem um profundo efeito sobre a fermentação ruminal e desempenho animal pois: 1) se a taxa de degradação da proteína excede a taxa de fermentação dos carboidratos, grandes quantidades de nitrogênio podem ser perdidas na forma de amônia; 2) se a taxa de fermentação do carboidrato excede à taxa de degradação da proteína, a produção de proteína microbiana pode diminuir; 3) se os alimentos são degradados muito lentamente, o enchimento ruminal pode diminuir o consumo; 4) se a taxa de degradação é lenta, algum alimento pode escapar da fermentação ruminal e passar diretamente para o intestino delgado. Portanto, o estudo das taxas de degradação dos carboidratos e proteína é importante para determinar o suprimento de energia disponível aos microrganismos ruminais, bem como o nitrogênio disponível à síntese de proteína microbiana. Para tanto, metodologias de avaliação de alimentos têm sido constantemente desenvolvidas (Campos et al. 1996)

A proteína da dieta que entra no rúmen é extensivamente degradada por bactérias e protozoários em um processo que envolve duas etapas: inicialmente as proteínas são hidrolizadas (proteólise), resultando em peptídeos e aminoácidos, e

posteriormente, deaminação destes. Esses produtos, juntamente com a uréia reciclada através da saliva, são utilizados pelos microrganismos para a síntese de proteína microbiana (Broderick, 1996). A degradação da proteína é afetada pela atividade proteolítica no rúmen, acesso microbiano à proteína e seu tempo de retenção no rúmen (NRC, 1989).

A estrutura da proteína, assim como as modificações físicas ou químicas a que são submetidas, afetam diretamente sua taxa de degradação no rúmen. Proteínas com ligações, tais como pontes dissulfídicas, são mais resistentes à degradação devido a menor acessibilidade de enzimas proteolíticas a sua estrutura (Stern e Satter, 1984). A produção de proteína insolúvel através de calor reduz a taxa de hidrólise proteolítica devido à redução na acessibilidade ao substrato e formação de ligações resistentes. Alimentos tratados com formaldeído ou aqueles com tanino também possuem ligações resistentes à degradação ruminal, tornando a proteína disponível somente no intestino delgado (Tamminga, 1979).

A solubilidade da proteína é parcialmente determinada pelas quantidades relativas de albuminas solúveis e de globulinas e, por outro, lado prolaminas e glutelinas menos solúveis. Cereais que possuem grandes quantidades de prolaminas e glutelinas apresentam lentas taxas de hidrólise no rúmen, enquanto que maiores taxas de hidrólise no rúmen podem ser encontradas em leguminosas por conter mais globulinas e albuminas (Van Soest, 1994). Geralmente, as de baixa solubilidade ou degradabilidade no rúmen são direcionadas a assegurar um suprimento de proteínas de alta qualidade no trato pós-ruminal para propósitos produtivos. Alimentos de origem animal têm maior quantidade em relação às de origem vegetal, mas sua degradação é menor devido à maior proporção de nitrogênio não protéico que forma complexos insolúveis com proteínas e outros nutrientes, tornando-se mais resistente à fermentação ruminal e levando a uma maior proporção de frações não degradáveis no rúmen (Ichhponani et al., 1994).

O tempo de retenção da digesta no rúmen pode alterar significativamente a degradação da proteína. De acordo com ARC (1984), o nível de consumo é o fator mais importante para a reciclagem do conteúdo ruminal, sendo que, quanto maior a quantidade de alimento consumido, mais rápido será o fluxo de material que deixa o órgão. Assim, para uso como referencial estabelece-se estimativas de taxas de passagem relacionadas com o nível de consumo, de acordo com os seguintes padrões: - animais alimentados em baixo nível de consumo, próximo aos requerimentos de manutenção, à taxa de  $2\%h^{-1}$  é adotada; - bezerras, vacas produzindo menos de 15 litros de leite/dia, consumindo acima de duas vezes os requerimentos de manutenção adota a taxa de  $5\%h^{-1}$  e para vacas produzindo mais de 15 litros de leite/dia, consumindo acima de duas vezes os requerimentos de manutenção a taxa adotada seria de  $8\%h^{-1}$ .

#### **4.2 Degradação de alimentos concentrados em bovinos, ovinos e caprinos**

Há, no campo da nutrição de ruminantes, uma polêmica sobre possíveis diferenças nos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes quando se comparam indivíduos pertencentes a diferentes grupos genéticos, sendo que as diferenças na digestibilidade entre grupos são freqüentemente atribuídas às diferenças na taxa de passagem no rúmen, suprimento de nutrientes endógenos, consumo de alimentos entre outros (Rodriguez et al., 1997).

Existem evidências indicando que os caprinos são mais eficientes na digestão da fibra, especialmente quando é permitida a seleção de alimentos, enquanto que os ovinos parecem mais capacitados a utilizar a proteína (Gihad, 1976; Gihad, Elbedawy e Mehrez 1980; Brown e Johnson, 1985). Uma possível razão para a grande divergência nos estudos comparativos entre a digestão em ovinos e caprinos poderia estar relacionada, segundo Al Jassim, Hassan e Dana

(1991) à variabilidade das condições na quais os estudos são conduzidos, incluindo genótipo animal, tipo de dieta e práticas de manejo.

Avaliando a degradabilidade *in situ* da proteína bruta de alguns suplementos protéicos em vacas das raças nelore, holandesa e jersey e em caprinos e ovinos, Teixeira et al. (1996 abc) encontraram os seguintes valores para a proteína efetivamente degradada do farelo de soja, farinha de carne e farelo de algodão: 63,31%; 42,36% e 48,40% em nelore; 48,69%; 24,21% e 37,54% em holandesas; 48,22%; 34,79% e 39,56% em jersey; 42,60%; 44,19% e 34,63% em caprinos e 42,45% em ovinos. Os autores não fizeram nenhuma inferência, ao longo dos experimentos, quanto às diferenças entre os diferentes grupos genéticos.

Utilizando vacas holandesas, Martins et al. (1998) avaliaram a degradação da proteína de alguns alimentos. Considerando uma taxa de passagem do rúmen para o abomaso de 5%/h, os autores obtiveram uma degradabilidade efetiva de 40,24% para o fubá de milho e 86,52% para o farelo de trigo. Aroeira, Lopes e Dayrell (1996) avaliaram a degradabilidade efetiva e taxa de degradação de alguns alimentos em vacas mestiças H/Z e os resultados obtidos para a taxa de degradação do alimento (c) e degradabilidade efetiva (DE) para o fubá de milho, farelo de soja e farelo de trigo foram de 5,5% e 76,0%; 8,1% e 74,1% e 26,7% e 84,7%, respectivamente.

Vilela et al. (1994), avaliando o efeito de rações com dois níveis de concentrado (10 e 40%) e duas formas de volumoso sobre a degradabilidade potencial *in situ* da proteína bruta com vacas 7/8HxZ gestantes, obtiveram DE de 49,9% para o fubá de milho, 70,7% para o farelo de soja 63,4% para o farelo de algodão e 36,6% para o capim elefante, considerando uma taxa de passagem pelo rúmen de 5%. Já Valadares Filho et al. (1990), com o mesmo grupo genético mas em animais após o pico de lactação, obtiveram DE de 66,6% para o farelo de soja e 48,4% para o farelo de algodão.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Local e animais

O experimento foi realizado no Laboratório Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras - UFLA. Para a condução dos experimentos *in situ* foram utilizadas 15 fêmeas, não lactantes providas de fistulas ruminais sendo três da raça holandesa, três da raça nelore, três da raça jersey, cabras e ovelhas, sem raça definida, três de cada grupo.

### 5.2 Alimentos avaliados

Foram avaliados através da técnica *in situ* cinco concentrados: fubá de milho (FMI), farelo de soja (FSJ), farelo de trigo (FTR), farinha de carne (FCA) e farelo de algodão (FAG). Os procedimentos realizados com os alimentos, bem como sua composição já foram descritos na Metodologia geral.

### 5.3 Descrição da técnica *in situ*

Para a determinação da degradabilidade utilizou-se a técnica *in situ*, segundo Mehrez e Orskov (1977), obedecendo-se recomendações propostas por Nocek (1988).

Os sacos, para acondicionamento das amostras, foram confeccionados em náilon coreano 120 fios, com porosidade aproximada de 60 $\mu$ . A porosidade foi determinada com auxílio de microscópio eletrônico, retirando-se amostras de vários locais do tecido e realizando aproximadamente 100 leituras. Cada saco, de dimensões 3,0 x 5,0cm foi fechado em máquina seladora a quente, deixando-se somente uma extremidade aberta para a introdução da amostra. Os sacos foram então colocados em estufa a 65°C com ventilação forçada por 48 horas, retirados

e colocados em dessecador até resfriarem, e pesados. Amostras moídas dos alimentos foram colocadas nos sacos, na quantidade que proporcionou uma relação aproximada de 20mg de MS/cm<sup>2</sup> de superfície. Em seguida, foram fechados e colocados em estufa com ventilação forçada a uma temperatura de 65°C durante 48 horas e depositados em dessecador para resfriarem e serem pesados.

Os sacos correspondentes a cada tempo de incubação foram então colocados em uma sacola de filó, medindo 15 x 30cm, juntamente com um pequeno peso de chumbo de 100g. A sacola foi amarrada com fio de náilon, deixando-se um comprimento livre de 1m. A sacola de filó foi então depositada na região do saco ventral do rúmen por 0, 3, 6, 12, 24 e 48 horas, permanecendo a extremidade do fio de náilon amarrada à cânula. Este procedimento foi repetido para cada um dos 15 animais fistulados; as incubações foram realizadas dentro das três primeiras horas após os animais terem recebido a dieta.

Colocaram-se 30 sacos por vez em cada animal, sendo seis sacos por alimento. Os sacos, para cada tempo de incubação, foram colocados dentro do rúmen e, após a retirada destes, outros 30 sacos foram introduzidos. Optou-se por colocar um tempo por vez, devido à grande quantidade de alimentos a serem incubados, já que ovinos e caprinos possuem uma abertura de fistula menor, impossibilitando, a colocação de todos os tempos e retirada de uma só vez.

Foram confeccionados 6 sacos/alimento/tempo/animal, perfazendo um total de 2700 sacos. Após o término de cada tempo de incubação, a sacola de filó foi retirada do rúmen, aberta e os sacos de náilon, contendo o resíduo da amostra, imediatamente lavados em máquina apropriada para lavagem de sacos e colocados em estufa a 65°C, durante 48 horas, resfriados em dessecador e pesados. Os sacos referentes ao tempo zero (utilizados para se determinar a fração prontamente solúvel) foram introduzidos na massa ruminal e

imediatamente retirados, recebendo, então, o mesmo tratamento destinado aos demais tempos.

#### **5.4 Análises bromatológicas**

Os resíduos remanescentes das incubações foram analisados quanto a matéria seca e proteína bruta. Os seis sacos incubados foram abertos, homogeneizados formando uma amostra composta por alimento por tempo por animal. A matéria seca foi obtida através da pesagem do saco após secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C por 48 horas antes da retirada das amostras para a realização das próximas análises químicas.

A proteína bruta foi obtida pela multiplicação do nitrogênio total da amostra por 6,25. O teor de nitrogênio foi estimado pelo método Kjeldhal, segundo A.O.A.C. (1990).

#### **5.5 Procedimento experimental**

A degradabilidade da matéria seca e proteína bruta das amostras incubadas *in situ* foi calculada a partir da diferença entre as quantidades incubadas e os resíduos após a incubação. A estimativa dos parâmetros (a, b e c) dos modelos não lineares de degradação dos alimentos nos diferentes tempos de incubação foi realizada por processos iterativos, de modo a tornar mínima a soma de quadrados dos erros através de regressão não linear pelo método de Gauss-Newton (Neter, Wasserman e Kutner 1985) com auxílio do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas-SAEG (Euclides, 1997). Foi utilizada, para a estimativa de tais parâmetros, a seguinte equação proposta por Orskov e McDonald (1979):

$$Y = a + b (1 - e^{-ct}) \quad \text{sendo:}$$

**Y** = degradabilidade acumulada do componente nutricional, após um tempo **t**

**a** = intercepto da curva de degradabilidade quando **t** = 0, correspondendo a fração solúvel (FSO) do componente nutritivo analisado

**b** = degradabilidade potencial da fração insolúvel (FIPD) do componente nutritivo, que é degradado a uma taxa **c**

**c** = taxa de degradação (TD) por ação fermentativa da fração **b**

**t** = tempo de incubação (horas)

Uma vez calculadas as constantes **a**, **b** e **c**, estas foram aplicadas a equação proposta por Orskov e McDonald (1979):

$$P = a + ((b \times c)/(c + k)) \quad \text{sendo:}$$

**P** = degradabilidade ruminal efetiva do componente nutritivo analisado

**k** = taxa de passagem ruminal do alimento (%/h)

A degradabilidade estimada no tempo dos nutrientes foi submetida a análise de variância utilizando delineamento inteiramente casualizado em um fatorial 5 x 5, sendo 5 concentrados e 5 grupos genéticos com 6 repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a análise dos dados, utilizou-se o software Statistical Analysis System (SAS 1991).

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Matéria seca**

Os valores para a fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) e taxa de degradação da fração insolúvel (TD), com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) observados para os alimentos concentrados nos diferentes grupos genéticos, podem ser observados nas Tabelas 13, 14 e 15.

TABELA 13 Fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) e taxa de degradação (TD) para as equações de degradabilidade da matéria seca dos concentrados, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

	FSO (%)	FIPD (%)	TD (%/h)	$R^2$ (%)
		FMI		
NE	21,9	72,7	6,27	97,2
HO	22,0	74,2	4,82	95,6
JE	21,4	74,1	5,39	98,7
CA	20,5	75,2	5,32	96,6
OV	20,1	73,7	5,64	95,5
		FSJ		
NE	48,1	50,0	10,44	92,9
HO	46,7	49,2	8,49	88,9
JE	46,1	51,7	10,39	92,2
CA	44,5	51,2	5,87	92,5
OV	45,5	50,5	5,46	91,4
		FTR		
NE	50,7	30,6	13,78	96,6
HO	49,7	30,4	11,07	91,6
JE	50,1	29,6	15,47	96,2
CA	52,8	25,4	8,94	95,5
OV	50,5	26,1	14,85	95,9
		FCA		
NE	20,7	18,0	11,74	95,3
HO	23,3	16,3	9,64	87,3
JE	20,7	18,2	12,02	94,3
CA	24,0	18,1	11,65	88,8
OV	21,1	18,8	14,60	96,1
		FAG		
NE	15,0	51,1	4,39	97,2
HO	16,4	52,1	3,53	95,6
JE	15,7	49,1	5,93	94,6
CA	16,0	50,3	3,95	97,6
OV	15,9	38,4	7,13	90,0

Pode-se perceber na Tabela 13, que para a fração solúvel (FSO) e fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) dos alimentos, os valores foram muito próximos entre os grupos genéticos. Quanto a taxa de degradação (TD) os valores variaram de 5,32 a 6,27%/h para o fubá de milho (FMI); de 5,46 a 10,44%/h para o farelo de soja (FSJ); de 8,94 a 15,47%/h para farelo de trigo (FTR); de 9,64 a 14,60%/h para a farinha de carne (FCA) e de 3,53 a 7,13%/h para o farelo de algodão (FAG). Dentre os alimentos, o fubá de milho foi o que apresentou taxas de degradação mais próximas no rúmen dos diferentes grupos genéticos.

Verifica-se, na Tabela 14, que o farelo de trigo (FTR) apresentou os maiores valores e o farelo de algodão (FAG) os menores para a fração solúvel (FSO). A FIPD foi maior para o fubá de milho (FMI) e menor para a farinha de carne (FCA) indicando uma alta e baixa disponibilidade, respectivamente, de tais alimentos a degradação a nível ruminal. Para a taxa de degradação (TD), os maiores valores foram obtidos para o farelo de trigo (FTR) e farinha de carne (FCA) e o menor para o farelo de algodão (FAG).

TABELA 14 Médias dos valores para fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD), taxa de degradação (TD) para as equações de degradabilidade da matéria seca dos concentrados, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

	FSO (%)	FIPD (%)	TD (%/h)	$R^2$ (%)
FMI	21,2	74,0	5,49	96,7
FSJ	46,2	50,5	8,13	91,6
FTR	50,7	28,4	12,8	95,2
FCA	22,0	17,9	11,9	92,4
FAG	15,8	48,2	4,99	95,0

Arias et al. (1993) observaram valores médios de FSO, FIPD e TD das equações para a degradabilidade da matéria seca do fubá de milho de 13,4%, 92,1% e 2,9%/h; do farelo de soja de 23,3%, 76,0% e 7,2%/h; do farelo de algodão de 12,4%, 51,6% e 3,4%/h e para o farelo de trigo de 28,5%, 54,0% e 11,5%/h. Já Aroeira, Lopes e Dayrell (1996), para a taxa de degradação observaram, para o farelo de soja 8,5%/h, para o farelo de trigo 9,8%/h e para o fubá de milho 7,3%/h, valores estes próximos aos obtidos nesse estudo. Martins et al. (1998), avaliando a degradação ruminal *in situ* da matéria seca, encontraram valores para os coeficientes da equação de 37,4%, 62,3% e 8,0%/h para o farelo de soja e 42,8%, 36,5% e 9,0%/h para o farelo de algodão.

Os valores obtidos neste experimento para a FSO e FIPD poderiam ser atribuídos, ao menos em parte, à granulometria da amostra. Apesar de todos os concentrados serem processados em moinho provido de peneira com crivo de 2mm, seguindo recomendações de Nocek (1988), o diâmetro médio geométrico

foi, de aproximadamente, 0,6mm para o farelo de soja e fubá de milho, 0,4mm para o farelo de trigo e farelo de algodão e 0,5 mm para a farinha de carne. A moagem permitiu maior escape de amostra do saco de náilon através da incubação e conseqüente lavagem dos sacos, contribuindo para um alto valor da FSO.

Para o farelo de trigo (FTR) e farinha de carne (FCA) verifica-se uma alta taxa de degradação da fração insolúvel potencialmente degradável (TD). Valores de 15,20 e 31,73%/h para o farelo de trigo foram relatados por Valadares Filho et al. (1990) e Deschamps (1994). Apesar da alta taxa de degradação (TD), a fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) para esses alimentos foi baixa, indicando pouca disponibilidade no rúmen.

Na Tabela 15 pode-se observar os valores médios para os coeficientes da equação de degradabilidade da matéria seca obtidos para cada grupo genético. Pode-se perceber a existência de uma maior variação entre os grupos para a taxa de degradação (TD) da fração insolúvel potencialmente degradável. Altos valores para TD podem ser notados nas raças nelore (NE) e jersey (JE) e no grupo dos ovinos (OV).

Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) das equações para a degradabilidade da matéria seca, em média foram superiores a 92,0% mostrando um bom ajuste do desaparecimento desse nutriente no tempo para os concentrados testados.

TABELA 15 Médias dos valores para a fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD), taxa de degradação (TD) das equações de degradabilidade da matéria seca dos concentrados, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nos diferentes grupos genéticos.

	FSO (%)	FIPD (%)	TD (%/h)	$R^2$ (%)
NE	31,3	44,5	9,32	95,8
HO	31,6	44,4	7,51	91,8
JE	30,8	44,5	9,84	95,2
CA	31,6	44,0	7,15	94,2
OV	30,6	41,5	9,54	93,8

Nas Tabelas 16 e 17 são apresentados os valores para a degradabilidade efetiva da matéria seca, calculados para as taxas de passagem teóricas de 2 (DEMS2), 5 (DEMS5) e 8%/h (DEMS8).

Segundo o ARC (1984), taxas de 2, 5 e 8%/h são indicadas para baixo, médio e alto consumo, respectivamente. Portanto, adota-se 2%/h para bovinos e ovinos em manutenção; 5%/h são próprios para vacas leiteiras de pequena produção ( $\leq 15$ kg de leite/dia), bovinos de corte e ovinos em crescimento, quando usada dieta mista, enquanto que a taxa de 8%/h é recomendada para vacas produzindo acima de 15kg de leite/dia e alimentadas com dietas mistas. Esses valores têm sido aplicados em condições em que as taxas de passagem não foram ou não puderam ser medidas.

Verifica-se, na Tabela 16, que o aumento na taxa de passagem provocou uma redução na degradação dos alimentos, sendo essa de menor magnitude para o farelo de trigo (FTR) e a farinha de carne (FCA). Disso pode-se inferir que o tempo de retenção do alimento no rúmen exerce influência na degradação, possivelmente por diminuir a exposição da partícula do alimento a atividade dos microrganismos ruminais

Pode-se observar uma grande variação nos valores entre os alimentos. Valadares Filho et al. (1990) para a taxa de passagem de 5%/h, obtiveram valores de 71,8%, 37,0%, 60,3% e 36,7% para o farelo de soja, farelo de algodão, farelo de trigo e fubá de milho, respectivamente, valores esses mais próximos aos relatados nesse experimento, somente para o farelo de soja e farelo de algodão. Já Arias et al. (1993) relataram para os mesmos alimentos valores de 68,1%, 32,9%, 66,1% e 47,2%, respectivamente.

**TABELA 16 Médias dos valores de degradabilidade efetiva da matéria seca (%), nas taxas de passagens de 2 (DEMS2), 5 (DEMS5) e 8%/h (DEMS8) para os concentrados**

	DEMS2	DEMS5	DEMS8
FMI	75,0	59,6	51,0
FSJ	86,0	76,7	71,0
FTR	74,9	70,6	67,6
FCA	36,8	34,0	32,1
FAG	44,7	34,6	30,0

A grande amplitude nos valores de degradação dos nutrientes obtidos através da técnica *in situ* poderia ser atribuída, pelo menos em boa parte, à falta de padronização da técnica. Fatores ligados à preparação da amostra, animal utilizado (tipo, estado fisiológico, dieta fornecida) entre outros, podem afetar profundamente os resultados obtidos, tornando difícil a comparação entre laboratórios.

Na Tabela 17 observa-se, nos valores de degradabilidade efetiva obtidos no grupo de bovinos (Grupo I = NE/HO/JE) em comparação ao grupo constituído por caprinos e ovinos (Grupo II = CA/OV), uma maior variação entre grupos para o farelo de soja (FSJ) e farelo de algodão (FAG).

Para o fubá de milho (FMI), farinha de carne (FCA) e farelo de trigo (FTR) a diferença foi de aproximadamente 1, 2 e 3 unidades percentuais, evidenciando semelhança entre os grupos I e II quanto à degradação da matéria seca desses alimentos.

Dentro do grupo I, os valores foram muito próximos para a farinha de carne (FCA) e farelo de algodão (FAG). Para os outros alimentos, a raça nelore (NE) foi sensivelmente maior ou igual a jersey (JE), permanecendo a holandesa (HO) com valores um pouco menores. Para o grupo II, os valores foram semelhantes, com exceção do farelo de algodão (FAG) na taxa de passagem de 2%/h.

TABELA 17 Degradabilidade efetiva da matéria seca (%) dos concentrados, nas taxas de passagens de 2 (DEMS2), 5 (DEMS5) e 8%/h (DEMS8)

		DEMS2	DEMS5	DEMS8
FMI	NE	76,8	62,2	53,7
	HO	74,1	58,2	49,8
	JE	75,3	59,7	51,1
	CA	74,7	58,9	50,2
	OV	74,1	58,8	50,3
	NE/HO/JE	75,4	60,0	51,5
	CA/OV	74,4	58,9	50,3
FSJ	NE	90,0	81,8	76,3
	HO	86,3	77,4	71,8
	JE	89,4	80,9	75,3
	CA	82,5	72,0	66,0
	OV	82,0	71,4	65,7
	NE/HO/JE	88,6	80,0	74,5
	CA/OV	82,3	71,7	65,9
FTR	NE	77,2	72,9	69,8
	HO	74,8	69,9	66,7
	JE	76,3	72,5	69,6
	CA	73,5	69,0	66,2
	OV	72,5	68,5	65,9
	NE/HO/JE	76,1	71,8	68,7
	CA/OV	73,0	68,8	66,1
FCA	NE	35,7	32,9	31,0
	HO	35,8	32,8	31,1
	JE	36,3	33,5	31,6
	CA	38,6	35,6	33,7
	OV	37,6	35,1	33,3
	NE/HO/JE	35,9	33,1	31,2
	CA/OV	38,1	35,4	33,5
FSG	NE	48,4	37,4	31,9
	HO	44,6	33,7	29,0
	JE	45,6	35,6	30,9
	CA	44,9	34,4	29,6
	OV	39,2	32,0	28,4
	NE/HO/JE	46,2	35,6	30,6
	CA/OV	42,1	33,2	29,0

Na Tabela 18 pode-se visualizar as degradabilidades efetivas calculadas nas diferentes taxas de passagens, nos cinco grupos genéticos. Considerando a degradação de todos os concentrados as diferenças entre os grupos são mínimas.

**TABELA 18** Médias dos valores de degradabilidade efetiva da matéria seca (%), nas taxas de passagens de 2 (DEMS2), 5 (DEMS5) e 8%/h (DEMS8) para os concentrados avaliados nos diferentes grupos genéticos

	DEMS2	DEMS5	DEMS8
NE	65,6	57,4	52,5
HO	63,1	54,4	49,7
JE	64,6	56,4	51,7
CA	62,8	54,0	49,1
OV	61,1	53,2	48,7

A degradabilidade da matéria seca dos concentrados, estimada nos diferentes tempos de incubação e grupos genéticos é apresentada na Tabela 19.

Houve interação significativa ( $P < 0,0001$ ) entre concentrado e grupo genético nos tempos de incubação de 6, 12 e 24h, ou seja, os grupos diferiram quanto a degradação da matéria seca, dependendo do concentrado avaliado. A farinha de carne (FCA) foi o único alimento a apresentar um padrão de degradação no tempo semelhante em todos os grupos genéticos.

TABELA 19 Médias dos valores para a degradabilidade da matéria seca (%) estimada e seus respectivos erros padrão (EP), de acordo com o desdobramento da interação concentrado x grupo genético.

		6 h	12 h	24 h
FMI	NE	44,6 a	60,1 a	78,2 a
	HO	40,6 b	54,5 b	72,5 b
	JE	41,8 ab	56,6 ab	75,0 ab
	CA	40,9 ab	55,7 ab	74,1 ab
	OV	41,1 ab	56,0 ab	74,1 ab
	EP	1,17	1,54	1,75
FSJ	NE	71,4 a	83,7 a	93,8 a
	HO	66,2 b	77,8 b	89,0 a
	JE	70,0 ab	82,9 a	93,4 a
	CA	59,7 c	70,3 c	82,8 b
	OV	59,4 c	69,4 c	81,6 b
	EP	1,14	1,32	1,15
FTR	NE	67,7 ab	75,0 a	79,7 a
	HO	64,0 bc	71,0 ab	76,6 ab
	JE	68,1 a	75,1 a	79,0 ab
	CA	63,3 c	69,4 b	75,2 ab
	OV	64,1b c	69,7 b	74,1 b
	EP	0,91	0,86	0,70
FCA	NE	29,4 a	33,6 a	36,9 a
	HO	29,6 a	32,8 a	36,0 a
	JE	30,1 a	34,5 a	37,7 a
	CA	32,2 a	36,0 a	39,3 a
	OV	32,2 a	36,6 a	39,2 a
	EP	0,83	0,71	0,36
FAG	NE	26,1 a	34,5 a	45,9 a
	HO	24,2 a	30,4 a	39,8 b
	JE	26,1 a	33,3 a	42,7 ab
	CA	24,6 a	31,4 a	41,1 ab
	OV	24,8 a	30,7 a	37,8 b
	EP	0,86	1,20	2,12

Médias seguidas por mesma letra, na coluna dentro de cada alimento, não diferem entre si pelo Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Pode-se observar que para o fubá de milho (FMI), farelo de soja (FSJ) e farelo de trigo (FTR) houve maior variação entre os grupos nos tempos de 6, 12 e 24 horas. O grupo nelore (NE), nesses tempos, mostrou maior ( $P < 0,05$ ) desaparecimento para o fubá de milho (FMI), enquanto que para o farelo de soja (FSJ) e farelo de trigo (FTR) o desaparecimento tendeu a ser semelhante aos animais da raça jersey (JE). As cabras (CA) e ovelhas (OV) tenderam a menores ( $P < 0,05$ ) valores em comparação aos bovinos para o fubá de milho (FMI), farelo de soja (FSJ) e farelo de trigo (FTR).

Visto que os animais utilizados não estavam produzindo e foram mantidos em médio consumo, a taxa de passagem que se aproxima mais da condição do animal seria a de 5%/h. Considerando essa taxa, a degradação efetiva dos alimentos se completou por volta de 12 horas de incubação.

## 6.2 Proteína bruta

Os valores para fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD), taxa de degradação da fração insolúvel potencialmente degradável (TD) das equações de degradação da proteína bruta dos concentrados, bem como os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) podem ser observados na Tabela 20. Na Tabela 21, são apresentadas as médias desses valores obtidas em cada concentrado.

**TABELA 20** Valores para a fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) e taxa de degradação (TD) das equações de degradabilidade da proteína bruta dos concentrados, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

	FSO (%)	FIPD (%)	TD (%/h)	$R^2$ (%)
		<b>FMI</b>		
NE	25,2	69,2	4,92	95,6
HO	26,2	70,0	3,53	93,0
JE	29,8	65,8	4,11	90,5
CA	29,1	62,5	5,44	95,7
OV	29,1	67,3	4,58	92,3
		<b>FSJ</b>		
NE	46,7	50,8	11,01	92,8
HO	45,8	51,7	9,92	92,1
JE	46,3	50,0	11,28	90,9
CA	44,5	50,8	6,62	91,7
OV	44,0	50,8	7,07	92,2
		<b>FTR</b>		
NE	52,0	42,6	19,13	95,8
HO	49,8	44,7	12,47	93,4
JE	52,3	42,2	16,61	94,5
CA	54,5	38,2	13,48	95,7
OV	51,9	40,6	14,00	93,7
		<b>FCA</b>		
NE	29,4	27,7	14,25	93,0
HO	34,7	21,7	9,29	92,5
JE	26,3	28,6	25,74	96,3
CA	35,1	21,4	15,23	94,5
OV	27,0	34,9	37,23	92,0
		<b>FAG</b>		
NE	33,2	57,1	7,07	94,6
HO	31,1	57,2	6,60	93,6
JE	30,8	54,0	8,30	93,8
CA	30,6	43,8	5,81	95,1
OV	31,2	47,5	9,90	94,1

Exceto para o farelo de soja (FSJ), houve uma grande variação na fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) entre grupos nos concentrados avaliados, de modo contrário ao observado para matéria seca. Para a taxa de degradação (TD), menores variações entre grupos podem ser observadas para o farelo de trigo (FTR) e, principalmente, para a farinha de carne (FCA).

Na Tabela 21, observa-se uma maior fração solúvel (FSO) da proteína para o farelo de trigo (FTR) e a menor para o fubá de milho (FMI). Como referido anteriormente, grande parte dessas diferenças são atribuídas à granulometria da amostra que permitiu um maior escape e uma superestimação da FSO. A lavagem dos sacos após a retirada do rúmen é essencial para remover partículas aderidas ou material solúvel do seu interior. Assume-se que este material é parte da fração solúvel de nitrogênio e que esses compostos, quando retirados do saco pela lavagem, seriam facilmente removidos do alimento quando expostos ao ambiente ruminal. Em geral, alimentos com altos valores para a fração solúvel contêm uma alta proporção de albuminas e globulinas na proteína (Kandyliis e Nikokyris, 1997).

**TABELA 21** Médias dos valores para a fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) e taxa de degradação (TD) das equações de degradabilidade da proteína bruta dos concentrados, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

	FSO (%)	FIPD (%)	TD (%/h)	$R^2$ (%)
FMI	27,9	67,0	4,52	93,4
FSJ	45,5	50,8	9,18	91,9
FTR	52,1	41,7	15,1	94,6
FCA	30,5	26,9	20,3	93,7
FAG	31,4	51,9	7,54	94,2

Pode-se observar que a farinha de carne (FCA) possui baixa fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) evidenciando a pouca disponibilidade desse alimento no rúmen. De acordo com o NRC (1989), subprodutos de origem animal possuem alta quantidade de proteína não degradada no rúmen.

Segundo Kandyliis e Nikokyris (1997), alimentos com altas frações rapidamente degradadas também exibem rápidas taxas de degradação para fração lentamente degradada o que pode ser observado na Tabela 21, para o farelo de trigo (FTR) que apresentou alta taxa de degradação (TD) e de fração solúvel (FSO).

Na Tabela 22, observa-se maiores taxas de degradação dos concentrados, quando expostos ao ambiente ruminal, nas raças nelore (NE) e jersey (JE) e no grupo dos ovinos (OV) tal como observado para a taxa de degradação da matéria seca.

TABELA 22 Médias dos valores para a fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD), taxa de degradação (TD) das equações de degradabilidade da proteína bruta dos concentrados, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nos diferentes grupos genéticos

	FSO (%)	FIPD (%)	TD (%/h)	$R^2$ (%)
NE	37,3	49,5	11,28	94,4
HO	37,5	49,1	8,36	92,9
JE	37,1	48,1	13,21	93,2
CA	38,8	43,3	9,32	94,5
OV	36,6	48,2	14,56	92,9

Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para as equações de degradabilidade da proteína bruta foram superiores, em média, a 91%, havendo, portanto, um bom ajustamento da equação não linear entre o desaparecimento *in situ* da proteína bruta e tempo de incubação. Os resultados para a degradabilidade efetiva da proteína bruta dos concentrados nas taxas de passagens de 2 (DEPB2), 5 (DEPB5) e 8%/h (DEPB8) podem ser observados nas Tabelas 23, 24 e 25.

Observa-se grande variação nos valores médios da degradabilidade efetiva entre os concentrados. Valadares Filho et al. (1990) relataram valores para a degradabilidade efetiva da proteína bruta, considerando taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h, para o farelo de soja, farelo de algodão, farelo de trigo e fubá de milho: de 84,3%; 66,6% e 56,0%; de 74,0%; 48,4% e 40,0%; de 83,8%; 74,5% e 68,0% e de 65,3%; 43,4% e 34,5%, respectivamente, valores próximos aos desse

experimento somente em taxas de 2%/h, em que pode-se verificar que as diferenças entre grupos tomam-se mínimas.

Entre os concentrados, a farinha de carne (FCA) foi a de menor degradação, o que, segundo Ichhponani et al. (1994), pode ser atribuído a alta proporção de nitrogênio não protéico, que juntamente com proteínas, forma complexos insolúveis com outros nutrientes, tornando-a resistente a fermentação ruminal e levando a uma maior proporção de frações não degradáveis no rúmen. Proteínas com baixa degradabilidade ruminal, tais como a da farinha de carne (FCA) e do farelo de algodão (FAG), são preferidas para garantir um suprimento adequado de proteína aos intestinos principalmente para propósitos produtivos.

TABELA 23 Médias dos valores de degradabilidade efetiva da proteína bruta (%) dos concentrados, nas taxas de passagens de 2 (DEPB2), 5 (DEPB5) e 8%/h (DEPB8)

	DEPB2	DEPB5	DEPB8
FMI	73,2	59,0	51,6
FSJ	86,7	77,7	72,0
FTR	88,6	82,9	78,8
FCA	54,0	50,5	48,1
FAG	70,1	60,2	54,5

O farelo de soja (FSJ) e farelo de trigo (FTR) e, em menor extensão, o fubá de milho (FMI) apresentaram uma alta degradação da proteína no rúmen indicando serem fontes de nitrogênio potencialmente disponíveis para a síntese de proteína microbiana, devendo escapar relativamente pouca proteína para os intestinos.

Considerando o grupo I (NE/HO/JE) e grupo II (CA/OV), (Tabela 24), a proteína bruta efetivamente degradada nas diferentes taxas de passagens diferiu muito entre os mesmos para o farelo de soja (FSJ) e farelo de algodão (FAG): aproximadamente 7 e 8 unidades percentuais, respectivamente. Dentro do grupo I valores muito próximos podem ser observados para as raças nelore (NE) e jersey (JE), enquanto que no grupo II os ovinos (OV) tenderam a maiores valores em relação aos caprinos (CA).

Teixeira et al. (1996 a,b,c,d), considerando uma taxa de passagem de 5%/h, encontraram degradabilidades efetivas para a proteína bruta de 48,7%, 48,2%, 63,3%, 42,6%, 42,5% para o farelo de soja, de 24,2%, 34,8%, 42,4% e 44,2% para a farinha de carne e de 37,5%, 39,6%, 48,4% e 34,6% para o farelo de algodão, em animais das raças holandesa, jersey e nelore e com caprinos e ovinos, respectivamente. Pode-se perceber, nos resultados obtidos por estes autores, que a diferença entre os grupos, no geral, foi pequena e que os resultados foram bem inferiores aos obtidos neste experimento para os mesmos grupos genéticos.

TABELA 24 Degradabilidade efetiva da proteína bruta (%) nas taxas de passagens de 2 (DEPB2), 5 (DEPB5) e 8%/h (DEPB8) para os concentrados avaliados nos diferentes grupos genéticos

		DEPB2	DEPB5	DEPB8
FMI	NE	73,8	58,9	51,1
	HO	70,4	54,8	47,4
	JE	74,0	59,5	52,2
	CA	74,3	61,2	54,0
	OV	75,2	60,7	53,2
	NE/HO/JE	72,7	57,7	50,2
	CA/OV	74,8	61,0	53,6
FSJ	NE	89,7	81,6	76,1
	HO	88,3	79,5	73,8
	JE	88,8	80,9	75,6
	CA	83,3	73,2	67,3
	OV	83,2	73,3	67,4
	NE/HO/JE	88,9	80,7	75,2
	CA/OV	83,3	73,3	67,4
FTR	NE	90,4	85,5	81,7
	HO	87,9	81,1	76,5
	JE	89,9	84,7	80,7
	CA	87,8	82,4	78,5
	OV	86,8	80,8	76,7
	NE/HO/JE	89,4	83,8	79,6
	CA/OV	87,3	81,6	77,6
FCA	NE	53,3	49,4	46,6
	HO	52,4	48,6	46,2
	JE	52,6	49,8	47,6
	CA	53,9	51,1	49,0
	OV	57,7	53,7	50,9
	NE/HO/JE	53,1	49,3	46,8
	CA/OV	55,8	52,4	50,0
FSG	NE	77,4	66,3	59,6
	HO	72,7	61,7	55,5
	JE	73,0	63,0	57,0
	CA	61,5	52,9	48,2
	OV	66,0	57,1	52,2
	NE/HO/JE	74,4	63,7	57,3
	CA/OV	63,8	55,0	50,2

Na Tabela 25 encontram-se os valores médios de degradabilidade efetiva da proteína bruta dos concentrados obtidas nos diferentes grupos genéticos. Os grupos seguiram a mesma tendência observada na degradação da matéria seca de todos os concentrados, com pequenas diferenças entre grupos.

TABELA 25 Médias dos valores de degradabilidade efetiva da proteína bruta (%), nas taxas de passagens de 2 (DEPB2), 5 (DEPB5) e 8%/h (DEPB8) para os concentrados avaliados nos diferentes grupos genéticos

	DEPB2	DEPB5	DEPB8
NE	76,9	68,3	63,0
HO	74,3	65,1	59,9
JE	75,7	67,6	62,6
CA	72,2	64,2	59,4
OV	73,8	65,1	60,1

Na Tabela 26 pode-se observar a degradabilidade da proteína bruta dos concentrados estimada nos diferentes tempos de incubação. Houve interação significativa ( $P < 0,0001$ ) entre concentrado e grupo genético nos tempos de 6, 12 e 24 h, ou seja, os grupos diferiram quanto ao desaparecimento da proteína bruta dentro de cada alimento.

TABELA 26 Médias dos valores de degradabilidade da proteína bruta (%) estimada e seus respectivos erros padrão (EP), de acordo com o desdobramento da interação concentrado x grupo genético

		6 h	12 h	24 h
FMI	NE	42,6 ab	55,5 ab	72,2 ab
	HO	39,5 b	50,2 b	65,6 b
	JE	44,3 ab	55,5 ab	71,0 ab
	CA	46,3 a	58,6 a	73,8 a
	OV	45,1 ab	57,1 a	73,0 a
	EP	1,50	1,69	1,79
FSJ	NE	71,3 a	83,9 a	93,8 a
	HO	68,4 a	80,8 a	91,6 ab
	JE	70,9 a	83,3 a	92,9 a
	CA	61,0 b	72,0 b	84,6 b
	OV	61,3 b	72,5 b	84,7 b
	EP	1,69	1,75	1,44
FTR	NE	80,7 a	89,7 a	93,8 a
	HO	73,0 b	83,4 ab	91,1 a
	JE	78,9 ab	88,6 ab	93,6 a
	CA	75,7 ab	85,1 ab	91,2 a
	OV	73,8 b	83,2 b	89,9 a
	EP	1,51	1,31	0,65
FCA	NE	45,0 ab	51,1 a	55,2 a
	HO	44,0 b	49,1 a	53,5 a
	JE	47,8 ab	52,6 a	54,6 a
	CA	47,8 ab	52,8 a	55,8 a
	OV	50,5 a	55,5 a	59,1 a
	EP	1,36	1,22	2,10
FAG	NE	52,7 a	65,4 a	79,2 a
	HO	49,1 ab	60,7 ab	73,3 a
	JE	51,1 a	63,0 ab	74,9 a
	CA	43,2 b	51,7 bc	61,5 b
	OV	47,7 ab	56,7 c	66,0 b
	EP	1,77	2,19	2,51

Médias seguidas por mesma letra, na coluna, dentro de cada alimento, não diferem entre si pelo Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Visto que a degradabilidade efetiva provavelmente se completou entre 12 e 24 horas de incubação, a discussão será focalizada nestes tempos. Exceto para o fubá de milho (FMI) e a farinha de carne (FCA), o desaparecimento da proteína bruta tendeu a ser menor ( $P < 0,05$ ) nos grupos de caprinos e ovinos. Para a farinha de carne (FCA), o desaparecimento nesses tempos foi igual para todos os grupos, ou seja, a degradação deste alimento estaria estritamente ligada às características intrínsecas de sua proteína e não a habilidade do animal.

Para o farelo de soja (FSJ), farelo de trigo (FTR) e farelo de algodão (FAG), os bovinos degradaram uma maior quantidade de proteína em relação aos caprinos e ovinos, entre os quais, o desaparecimento da proteína no tempo foi semelhante. Esses resultados discordam das conclusões de Al Jassim et al. (1991) que relatam que os ovinos são mais eficientes na digestão e utilização da proteína em relação aos caprinos.

## **7 CONCLUSÕES**

Para as condições do presente experimento pode-se concluir que:

- os concentrados avaliados diferiram quanto a degradação da matéria seca e proteína bruta no rúmen, sendo o farelo de soja e o farelo de trigo os alimentos que possuem as maiores frações desses nutrientes potencialmente disponíveis no rúmen;
- bovinos, caprinos e ovinos mostraram habilidades semelhantes quanto a degradação da matéria seca e proteína bruta do fubá de milho, farinha de carne e farelo de trigo. Para o farelo de soja e o farelo de algodão, os valores foram bastante diferentes, indicando que dados obtidos em caprinos e ovinos, para esses alimentos, não devem ser utilizados para bovinos;
- caprinos e ovinos mostraram capacidades semelhantes quanto a degradação ruminal dos concentrados.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL JASSIM, R.A.M.; HASSAN, S.A.; AL-ANI, A.N. et al. Effects of undegradable protein supplementation on digestion and nitrogen balance in sheep and goats. *Small Ruminant Research*, Amsterdam, v.5, n.1-2, p.57-63, July 1991.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. The nutrient requirements of ruminant livestock.. London, 1984. 45p. (Supplement 1).
- ARIAS, A.M.C.; VALADARES FILHO, S. de C.; SILVA, J.F.C. da et al. Degradabilidade ruminal da matéria seca e da proteína bruta de alimentos, utilizando-se a técnica dos sacos de náilon, em vacas gestantes alimentadas com feno (80%) e concentrados (20%). *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.22, n.1, p.89-98, jan./fev. 1993.
- AROEIRA, L.J.M.; LOPES, F.C.F.; DAYRELL, M. de S. Degradabilidade de alguns alimentos no rúmen de vacas Holandês/Zebu. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.25, n.6, p.1178-1186, nov./dez. 1996.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15. ed. Washington, 1990. v.1, 684p.
- BRODERICK, G.A. Altering ruminal nitrogen metabolism to improve protein utilization. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.126, n.4, p. 1324S-1325S, Apr. 1996.
- BROWN, L.E.; JOHNSOM, W.L.; Intake and digestibility of wheat straw diets by goats and sheep. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.60, n.5, p.1318-1323, May 1985.

- CAMPOS, F.P. de; LANNA, D.P.D.; BOSE, M.L.V. et al. Implantação e validação do sistema de monitoramento computadorizado de digestão in vitro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. Anais... Fortaleza : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p.283-285.
- 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*, Viçosa, UFV. v.23, n.6, p.898-908, nov./dez. 1994.
- EUCLYDES, R.F. Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas). Viçosa : UFV, 1997. 150p.
- GIHAD, E.A. Intake, digestibility and nitrogen utilization of tropical natural grass hay by goats and sheep. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.43, n.4, p.879-883, Oct. 1976.
- GIHAD, E.A.; EL-BEDAWY, T.M.; MEHREZ, A.Z. Fiber digestibility by goats and sheep. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.63, n.10, p.1701-1706, Oct. 1980.
- ICHHPONANI, J.S.; WADHWA, M.; KATRAIA, P. et al. In-sacco degradability of different protein fractions. *Indian Journal of Animal Sciences*, New Delhi, v.64, n.10, p.1078-1081, Oct. 1994.
- KANDYLIS, K.; NIKOKYRIS, P.N. Nitrogen solubility in three solvents and in situ protein degradability of ruminant foodstuffs. *Journal Science of Food and Agriculture*, London, v.75, n.2, p.187-197, Oct. 1997.
- MARTINS, A. de S.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N. et al. Degradação ruminal da matéria seca e proteína bruta de alguns alimentos. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. Anais... Botucatu : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p.374-376.
- MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. A study of the artificial fiber bag technique for determination the digestibility of feeds in the rumen *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v.88, n.1, p.645-650, Mar. 1977.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrients requirements of dairy cattle.**  
6. ed. rev. Washington: National Academy Press, 1989. 157p.
- NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNER, M.H. Linear statistical models :  
regression, analysis of variance, and experimental design.** 2. ed. USA :  
Richard D. Irwin, 1985. 1125p.
- NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy  
digestibility: a review. Journal of Dairy Science, Champaign, v.71, n.8,  
p.2051-2069, Aug. 1988.**
- NOCEK, J.E.; RUSSEL, J.B. Protein and energy as an integrated system.  
Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial  
synthesis and milk production. Journal of Dairy Science, Champaign, v.71,  
n.8, p.2070-2107, Aug. 1988.**
- ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the  
rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage.  
Journal of Agricultural Science, Cambridge, v.92, n.1, p.499-503, Mar.  
1979.**
- RODRIGUEZ, L.R.R.; FONTES, C.A. de A.; JORGE, A.M. et al.  
Digestibilidade de rações contendo quatro níveis de concentrado, em bovinos  
(Taurinos e Zebuínos) e Bubalinos. Revista da Sociedade Brasileira de  
Zootecnia, Viçosa: v.26, n.4, p.844-851, jul./ago. 1997.**
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. SAS user's guide:  
Statistical edition. Cary: SAS Institute, 1991. 754p.**
- STERN, M.D.; SATTER, L.D. Evaluation of nitrogen solubility and the dacron  
bag technique as methods for estimating protein degradation in the rumen.  
Journal of Animal Science, Champaign, v.58, n.3, p.714-724, Mar. 1984.**
- TAMMINGA, S. Protein degradation in the fourstomachs of ruminants.  
Journal of Animal Science, Champaign, v.49, n.6, p.1615-1630, Dec. 1979.**

- TEIXEIRA, J.C.; DAVID, F.M.; PEREZ, J.R.O. et al.** Cinética da digestão ruminal da matéria seca e proteína bruta de diferentes suplementos protéicos, em vacas da raça Nelore. In: **REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 33, 1996, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996a. p.91-93.
- TEIXEIRA, J.C.; GOES, R.H.T.B. de; PEREZ, J.R.O. et al.** Cinética da digestão ruminal da matéria seca e proteína bruta de diferentes suplementos protéicos, em vacas da raça Holandesa. In: **REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 33, 1996, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996b. p.156-158.
- TEIXEIRA, J.C.; PAIVA, A.C.; PEREZ, J.R.O. et al.** Cinética da digestão ruminal da matéria seca e proteína bruta de diferentes suplementos protéicos, em ovinos. In: **REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 33, 1996, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996c. p.156-158.
- TEIXEIRA, J.C.; TRINDADE, I.A.C.M.; PEREZ, J.R.O. et al.** Cinética da digestão ruminal da matéria seca e proteína bruta de diferentes suplementos protéico, em caprinos. In: **REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 33, 1996, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996d. p.260-262.
- VALADARES FILHO, S. de C.; SILVA, J.F.C. da; LEÃO, M.I. et al.** Digestão total e parcial da matéria seca, matéria orgânica e carboidratos em novilhos Holandeses, Nelores e Búfalos mestiços. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.19, n.5, p.416-423, 1990.
- VAN SOEST, P.J.** *Nutritional ecology of the ruminant* 2. ed. Ithaca: Cornell Press: Constock Publish, 1994. 476 p.
- VILELA, G.L.; VALADARES FILHO, S. de C.; SILVA, J.F.C. da et al.** Efeitos de diferentes rações nas degradabilidades in situ potenciais da matéria seca e proteína bruta de vários alimentos. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.23, n.3, p.333-341. maio/jun. 1994.

## **CAPÍTULO 4**

# **CINÉTICA DA DEGRADAÇÃO RUMINAL *IN SITU* DA MATÉRIA SECA, PROTEÍNA BRUTA E FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO E ÁCIDO DE ALIMENTOS VOLUMOSOS EM BOVINOS, OVINOS E CAPRINOS**

## RESUMO

MORON, I.R. Cinética da degradação ruminal *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro e ácido de alimentos volumosos em bovinos, ovinos e caprinos. Lavras: UFLA, 1999. 191p. (Tese de Doutorado em Nutrição de Ruminantes)\*

Com o propósito de detectar possíveis diferenças entre grupos genéticos quanto a degradação ruminal *in situ* de alimentos volumosos, o presente experimento foi realizado no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras-MG. Foram utilizadas 15 fêmeas não lactantes e gestantes fistuladas no rúmen sendo três da raça nelore, três da raça holandesa, três da raça jersey, três cabras e três ovelhas sem raça definida. Avaliou-se a degradação *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro e ácido do feno de alfafa e de coast cross e dos capins gordura e napier. Amostras moídas dos alimentos foram colocadas nos sacos com porosidade aproximada de  $60\mu$ , na quantidade que proporcionou uma relação aproximada de  $20\text{mg}$  de  $\text{MS}/\text{cm}^2$  de superfície. Colocaram-se 30 sacos por vez, seis para cada alimento, por 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas no rúmen de cada animal. Os sacos retirados foram lavados em máquina apropriada para lavagem de sacos e secos em estufa a  $65^\circ\text{C}$ . Para as análises de proteína bruta, e fibra em detergente neutro e ácida fez-se uma amostra composta para cada tempo de incubação, sendo que as seis repetições de cada alimento, incubadas em cada um dos 15 animais, constituíram uma amostra composta. A degradabilidade estimada nos diferentes tempos de incubação foi submetida a análise de variância em que foram considerados dois fatores (concentrado e grupo genético) e a interação entre estes. Os volumosos avaliados diferiram quanto a degradação dos nutrientes analisados. Os fenos, de um modo geral, foram mais efetivamente degradados que os capins. Os grupos genéticos diferiram quanto a degradação da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro e ácido dos volumosos sendo os bovinos superiores aos ovinos e caprinos. Os caprinos foram superiores na degradação das gramíneas para todos os nutrientes avaliados em relação aos ovinos, com os valores de degradação próximos somente para o feno de alfafa. A utilização de valores de degradabilidade obtidos com caprinos e ovinos para a formulação de rações para bovinos não parece apropriada.

---

\*Comitê Orientador: Júlio César Teixeira (Orientador), Juan Ramon O. Perez, Paulo César de A. Paiva, Joel Augusto Muniz.

## ABSTRACT

MORON, I.R. Kinetics of ruminal degradability *in situ* of dry matter, crude protein, neutral and acid detergent fiber of roughage feeds in cattle, goat and sheep. Lavras: UFLA, 1999. 191p. (Thesis of Doctor in Ruminant Nutrition)

The study was carried out in order to investigate the possible differences for roughage feeds *in situ* kinetics of digestion in rumen from cattle, sheep and goats. The work was undertaken at the dairy cattle section of the Animal Science Department at the University Federal of Lavras (UFLA). Fifteen mature and non-lactating female, distributed in three Nelore, three Holstein, and three Jersey breed and three sheep and three goats. Each one was fitted with rumen cannula in order to study the ruminal degradability. A total of five roughage feed were evaluate: napier grass, *Melinis minutiflora* grass, alfalfa hay and coast cross hay. Samples were ground and placed in nylon bag 3 x 5cm wide, with approximately 60 $\mu$  of pore size, in the amount that provided an approximately one relation of 20mg of DM/cm<sup>2</sup> of superface. Six samples of each roughage feed were used in each of those fifteen animals. The bags were placed into each animal rumen during 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 and 96 hours. According to the incubation time, the bags were then removing from rumen, and washed in a machine suitable for bag-washing and dried in a forced-air oven for 48<sup>h</sup> at 65°C. The analyses for crude protein and fiber were made by a compound sample for each incubation time, being that six replicates for each feed in each of the fifteen animals made up a compound sample. The degradability by considering the time of the nutrients were subjected to the variance analysis, where two factors were considered (roughage feeds and genetic group) and the interaction were analyzed. The roughage shown differences in the nutrients degradation. The hays were better degraded than the grass. The genetic groups shown differences in degradation rate for dry matter, crude protein, neutral and acid detergent fiber, being that cattle shown higher degradation rate as compared with sheep and goats. The goats however shown higher grass nutrients degradation in relation to the sheep. The degradation results of roughage for sheep and goat, shown similarity only for alfalfa hay. The utilization of degradation values, obtained with goat and sheep should not be technically appropriate to formulate cattle rations.

---

\* Adviser Committee: Júlio César Teixeira (Adviser), Juan Ramon O. Perez, Paulo César de A. Paiva and Joel Augusto Muniz.

### 3 INTRODUÇÃO

O sucesso evolutivo dos ruminantes está baseado na eficiência de seu sistema digestivo em extrair nutrientes de alimentos de baixa qualidade, habilidade que torna-os de elevada importância no contexto da humanidade, principalmente devido a produção de alimentos de alta qualidade e de baixos custos.

Apesar do grande avanço nas técnicas de avaliação de alimentos para ruminantes e do conhecimento potencial nutricional de uma grande quantidade de alimentos para estes, existem ainda controvérsias quanto a capacidade de diferentes grupos genéticos no aproveitamento de tais alimentos.

A utilização da técnica *in situ* para a construção de tabelas de alimentos específicas para cada grupo genético de ruminantes auxiliaria na formulação de dietas mais próximas às necessidades requeridas para cada grupo. Portanto, considerando o exposto acima objetivou-se com esse trabalho avaliar a cinética da degradação ruminal *in situ* de alguns volumosos em bovinos, caprinos e ovinos.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Degradação dos nutrientes no rúmen

Para o ruminante, fibra é a maior fonte de energia, não somente para o próprio animal, mas por fornecer energia aos microrganismos que habitam seu trato gastrointestinal. Além disso, a fibra desempenha uma importante função na manutenção da capacidade tampão do rúmen (Van Soest, Robertson e Lewis, 1991), na estimulação da ruminação e ensalivação, na regulação do consumo voluntário de forragens (Mertens, 1993) além de fornecer uma superfície de aderência para os microrganismos, impedindo seu fluxo para fora do rúmen (Tamminga, 1993)

A degradação de fibra no rúmen inicia-se com a associação do microrganismo a partícula do alimento. Os microrganismos que interagem com as partículas do alimento podem ser funcionalmente descritos em três distintas populações: a) a associada com o fluido ruminal, que inicia a degradação de partículas recém ingeridas e caracteriza-se por ter um pequeno envolvimento na digestão de partículas insolúveis do alimento; b) a levemente associada às partículas de alimento, sendo removida por leve lavagem; c) a firmemente afixada a partícula. As duas últimas populações somam 70 a 80% da matéria microbiana do rúmen e são responsáveis pela maior parte de digestão do alimento no rúmen. Após a adesão, os microrganismos penetram no tecido através do estômato ou áreas danificadas, preferencialmente as bactérias (Cheng et al. 1991, citado por Varga e Kolver, 1997), sendo que os fungos, além de degradarem áreas vulneráveis dos tecidos, têm a habilidade de penetrar na cutícula do vegetal, fornecendo um local adicional para o acesso e ligação da bactéria (Akin, 1988). Basicamente, após a adesão, as bactérias multiplicam-se colonizando a partícula.

Posteriormente outras bactérias combinam-se com as primeiras, formando biofilmes processando-se a digestão da partícula (McAllister et al. 1994).

A degradação da fibra é influenciada por fatores ligados ao vegetal, tais como a maturidade e espécie da planta, e fatores ligados ao animal como nível de consumo, método de alimentação e processamento da forragem.

Basicamente duas idéias foram propostas para explicar a menor degradação da fibra com o aumento da maturidade do vegetal. A primeira é física. Segundo esta suposição, a celulose estaria protegida do ataque dos microrganismos ou de suas enzimas pela formação de um complexo lignina-hemicelulose, teoria baseada no conhecimento de que a moagem causa uma maior quebra da celulose. A outra teoria é química e baseia-se no fato de que os constituintes da parede celular alteram-se com a idade da planta, uma vez que, no tecido jovem, a lignificação é muito dispersa e a hemicelulose é facilmente reconhecida por suas respectivas hidrolases. Com a maturidade e formação de complexo, os polissacarídeos são modificados de tal forma que não são reconhecidos por suas hidrolases, além da natureza fenólica dos complexos atuarem como inibidores da atividade enzimática (Morrison, 1979). No tocante a espécie do vegetal, leguminosas são tipicamente mais digestíveis que gramíneas por conterem menor quantidade de fibra, apesar de ser mais lignificada (Tamminga 1993).

O aumento no consumo de alimentos está associado com a redução na digestibilidade da matéria seca e polissacarídeos da parede celular pelos ruminantes. Em elevado consumo, a depressão na digestibilidade dos carboidratos estruturais é de duas a três vezes maior em relação aos carboidratos não estruturais (Varga e Kolver, 1997). Staples et al. (1984) observaram em novilhos uma redução na digestibilidade aparente no trato total da matéria seca e fibra em detergente neutro de 8 a 11%, quando o consumo de dietas totais aumentou de 55

a 100%. Segundo Bourquin et al. (1990), a redução na digestibilidade de forragens é atribuída ao decréscimo na residência da digesta no rúmen.

O abaixamento do pH com a adição de grãos na dieta retarda o crescimento de bactérias fibrolíticas através dos efeitos nocivos sobre a energia disponível ao crescimento, diminuindo a produção ou atividade enzimática, prejudicando o ataque à porção fibrosa da digesta (Galyean e Goetsch, 1993). Mertens e Loften (1980) observaram uma leve redução na degradação da fibra em detergente neutro das forragens e um aumento considerável no tempo de colonização quando o amido foi incluído na dieta. Segundo os autores, a mudança no pH associada com o consumo de concentrado é um fator importante que afeta a degradação da parede celular.

As possíveis influências da estratégia de fornecimento de alimentos na degradação da forragem estariam ligados à frequência de alimentação e fornecimento de forragens e concentrados, separadamente ou conjuntamente. Robinson (1989) indicou que a digestão da fibra pode ser limitada pela frequência de apresentação do substrato no rúmen, sendo que a redução na variação diurna na fermentação através do fornecimento de dietas duas vezes ao dia, em conjunção a sincronização da liberação da energia e proteína no rúmen, poderia aumentar a taxa de digestão da fibra.

O processamento físico da forragem através da moagem e peletização proporciona uma maior área superficial para o ataque de enzimas, entretanto, o tempo de permanência da forragem diminui resultando em uma menor digestão da fibra, em torno de 3,3% (Bourquin et al. 1990).

## 4.2 Diferenças entre grupos genéticos quanto a degradação dos alimentos no rúmen

Os ruminantes são mamíferos pertencentes à ordem Artiodactyla e subordem Ruminantia. Muitas espécies existem em estado selvagem e algumas foram domesticadas, das quais se destacam os bovinos, bubalinos, caprinos e ovinos. De acordo com a adaptação evolutiva do aparelho digestivo provocada pela mudança na vegetação existente durante o período terciário, determinando alterações no hábito alimentar e conseqüentemente na microbiologia do rúmen e utilização dos alimentos, esses animais poderiam ser agrupados, de acordo com Hofmann, (1988) em: seletores de concentrados, consumidores de gramíneas ou pastoreadores e um grupo intermediário.

Os seletores de concentrados, tais como o cervo e a girafa, evoluíram antes do desenvolvimento das gramíneas, possuindo capacidade muito limitada para digerir alimentos fibrosos sendo assim chamados por selecionarem vegetais ou partes dos mesmos, ricos em conteúdo celular. Os do grupo intermediário (cabra, gamo, cervo europeu e asiático, alce da América do Norte) apresentam um rúmen mais desenvolvido anatomicamente em relação aos seletores, tendendo a ser mais seletivos em relação aos pastoreadores, além de ter um baixo consumo e digestibilidade de alimentos, mas uma taxa de passagem ruminal mais rápida (Ramanzin, Bailoni e Schiavon, 1997). Já os pastoreadores (bovino, ovelha, antílope e bisão) são animais que evoluíram mais tarde e apresentam rúmen avançado anatomicamente com alta capacidade para digerir materiais fibrosos, com nenhuma seletividade, alto consumo de alimentos, longos períodos de retenção ruminal e alta digestibilidade da fibra (Oreagain e Owen-Smith, 1996; Boever et al. 1984). Portanto, as principais adaptações evolutivas dos seletores de concentrados para os pastoreadores incluem a redução na seletividade da dieta, alto consumo de alimentos, tamanho do rúmen, tempo de retenção ruminal e

maior capacidade para a digestão de alimentos fibrosos (Ramanzin, Bailoni e Schuavan, 1997).

Jarman (1974), citado por Illius (1997) propôs que a seletividade seja negativamente relacionada ao tamanho corporal. Os animais mais seletivos têm uma dieta diversa, evitando componentes fibrosos quando possível. O seletor intermediário consome dietas de menor qualidade e é representado por animais de peso corporal entre 50 a 200kg, tendendo a se especializar sobre gramíneas ou vegetação tenra. Os pastoreadores têm uma dieta pouco diversificada, sendo principalmente pastoreadores de gramíneas.

Os animais podem adaptar-se às variações na qualidade da forragem através da alimentação seletiva de forragens tenras ou aumentando a degradação das de baixa qualidade através de uma maior retenção de partículas da digesta. Entretanto, a habilidade em selecionar alimentos e aumentar a taxa de degradação destes variam com a espécie animal (Van Soest, 1994).

Além da seletividade, a taxa de fermentação no rúmen está negativamente relacionada à massa corporal, ou seja, animais de menor massa possuem maiores taxas de fermentação em relação a animais de maior massa quando submetidos à mesma dieta (Gordon e Illius 1996, citados por Illius 1997). Segundo Illius (1997), a cinética de digestão e passagem estão sujeitas mais as interferências do vegetal que aos atributos do animal, sendo a massa corporal e suas correlações fisiológicas aspectos importantes na adaptação dos ruminantes.

Há, no campo da nutrição de ruminantes, uma polêmica sobre possíveis diferenças nos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes quando se comparam indivíduos pertencentes a diferentes grupos genéticos, sendo que as diferenças na digestibilidade entre grupos são freqüentemente atribuídas às diferenças na taxa de passagem no rúmen, suprimento de nutrientes endógenos, consumo de alimentos entre outros (Rodriguez et al. 1997).

A taxa de passagem é afetada pelo consumo, forma física da dieta e diferenças na ruminação entre animais. Ovinos ruminam mais por kg de matéria seca em relação aos bovinos, indicando que a taxa de redução do tamanho de partícula pode variar entre as espécies (Welch, 1982). Rees e Little (1980), avaliando a digestibilidade da matéria seca e tempo de retenção ruminal de algumas gramíneas tropicais em bovinos e ovinos, encontraram maiores coeficientes de digestibilidade da matéria seca em bovinos, atribuindo esse resultado ao maior tempo de retenção do alimento no rúmen desses animais, permitindo uma exposição prolongada à atividade dos microrganismos ruminais. Boever et al. (1984) concluíram que bovinos e ovinos não diferem quanto a capacidade de digerir silagens ou fenos de capim com digestibilidade da matéria orgânica em torno de 65% ou mais, entretanto, produtos de qualidade inferior são melhor digeridos pelos bovinos.

Fornecendo dietas com palhada de trigo e contendo diferentes proporções (20,30 e 40%) de uma mistura de concentrado, Prasad e Pradhan (1990) observaram uma maior digestibilidade dos nutrientes da dieta em ovinos, com relação a bovinos e bubalinos, sendo essa diferença atribuída ao menor consumo de matéria seca da ração pelos ovinos. Bubalinos, em relação aos zebuínos, parecem ser superiores no aproveitamento de forragens de baixa qualidade pela melhor reciclagem de nitrogênio endógeno (Zaretti et al. 1995), população microbiana e concentração de amônia no rúmen (Pradhan, 1992).

Santra et al. (1997) estudaram as características fermentativas ruminais e utilização da proteína em ovinos e caprinos sob dietas de manutenção e constaram que o consumo de alimentos e concentração de amônia ruminal foram maiores nos ovinos, mas o nitrogênio total no líquido ruminal foi maior nos caprinos (92,83mg/dl) em relação aos ovinos (89,67mg/dl), devido, principalmente, à maior população microbiana ruminal. A concentração de ácidos graxos voláteis e

pH foi similar entre as duas espécies. Segundo os autores, para a manutenção a síntese de proteína microbiana e sua utilização são melhores em caprinos que ovinos.

Em pesquisa com bovinos das raças nelore, holandesa e com bubalinos, Rodriguez et al. (1997) não encontraram diferenças na digestibilidade da proteína bruta, fibra em detergente neutro e ácida entre os grupos alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado na matéria seca (12,5; 25,0; 37,5 e 50,0%). Alguns autores atribuem as diferenças existentes na eficiência digestiva entre taurinos e zebuínos, principalmente em alimentos de baixa qualidade, ao maior tempo de retenção ruminal, à taxa de fermentação (Beaver et al. 1989; Valadares Filho et al., 1987) e maior concentração de amônia ruminal em zebuínos (Hunter e Siebert 1985; Valadares Filho et al. 1990).

Poucos são os experimentos que relatam as diferenças quanto a degradação dos alimentos obtidos com a técnica *in situ*, relativos aos valores encontrados em diferentes grupos genéticos. Prigge, Baker e Varga (1984) não observaram diferenças no desaparecimento da matéria seca entre bovinos e ovinos enquanto que Playne, Khumnalthong, Echevarria (1978) sugerem que as diferenças encontradas nos valores de degradabilidade entre bovinos e ovinos podem ser maiores para forragens de baixa qualidade. Huntington e Givens (1995), revisando os fatores que afetam a técnica *in situ*, relatam que as diferenças entre espécies de ruminantes adultos são pequenas e que podem estar relacionadas às diferentes taxas de passagens no rúmen.

Conduzindo experimento para avaliar a degradação *in situ* do azevém seco, palhada de trigo e de concentrados em ovinos e caprinos, Flachowsky e Tiroke (1993) não encontraram diferenças na degradação da matéria seca entre os animais, apesar da concentração de ácidos graxos voláteis no líquido ruminal ser maior (9,8 a 7,0 mmol/100ml) e o pH menor (6,33 a 6,45) nos ovinos em relação

aos caprinos. Bhatia et al., (1994) avaliando a degradação efetiva da matéria seca, fibra em detergente neutro e ácida de alguns alimentos através da técnica *in situ* em bovinos e bubalinos, encontraram degradabilidades efetivas e taxas de degradação dos alimentos sensivelmente maiores em bubalinos em relação aos bovinos.

Aroeira, Lopes e Dayrell (1996) avaliaram a degradabilidade efetiva e taxa de degradação de alguns alimentos em vacas mestiças H/Z, sendo que os resultados obtidos para a taxa de degradação do alimento e degradabilidade efetiva para o feno de alfafa e feno de coast cross foram de 12,6% e 74,5%; 3,5% e 60,8%, respectivamente.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Local e animais

O experimento foi realizado no Laboratório Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras - UFLA. Para a condução dos experimentos *in situ* foram utilizados 15 fêmeas, não lactantes providas de fistulas ruminais sendo três da raça holandesa, três da raça nelore, três da raça jersey, cabras e ovelhas, sem raça definida, três de cada grupo.

### 5.2 Alimentos avaliados

Foram avaliados através da técnica *in situ* quatro volumosos - feno de alfafa (*Medicago sativa* L.) (FAL), capim gordura (*Melinis minutiflora* Pal. de Beauv.) (CGO), capim napier (*Pennisetum purpureum* Schum.) (CNA) e feno de coast-cross (FCC). Os procedimentos realizados com os alimentos, bem como sua composição já foram descritos na Metodologia geral.

### 5.3 Descrição da técnica *in situ*

Para a determinação da degradabilidade utilizou-se a técnica *in situ*, segundo Mehrez e Orskov (1977), obedecendo-se às recomendações propostas por Nocek (1988). Os sacos para acondicionamento das amostras foram confeccionados em náilon coreano 120 fios, com porosidade aproximada de 60 $\mu$ . A porosidade foi determinada com auxílio de microscópio eletrônico, retirando-se amostras de vários locais do tecido e realizando aproximadamente 100 leituras. Cada saco, de dimensões 3,0 x 5,0cm foi fechado em máquina seladora à quente, deixando-se somente uma extremidade aberta para a introdução da amostra. Os

sacos foram então colocados em estufa a 65°C com ventilação forçada por 48 horas, retirados e colocados em dessecador até resfriarem, e pesados.

Amostras moidas dos alimentos foram colocadas nos sacos, na quantidade que proporcionou uma relação aproximada de 20mg de MS/cm<sup>2</sup> de superfície. Em seguida, foram fechados e colocados em estufa com ventilação forçada, a uma temperatura de 65°C, durante 48 horas e depositados em dessecador para resfriarem e serem pesados.

Os sacos correspondentes a cada tempo de incubação foram colocados em uma sacola de filó, medindo 15 x 30cm, juntamente com um pequeno peso de chumbo de 100g. A sacola foi amarrada com fio de náilon, deixando-se um comprimento livre de 1m. A sacola de filó foi então depositada na região do saco ventral do rúmen por 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas, permanecendo a extremidade do fio de náilon amarrada à cânula. Este procedimento foi repetido para cada um dos 15 animais fistulados; as incubações foram realizadas dentro das três primeiras horas após os animais terem recebido a dieta.

Colocaram-se 24 sacos por vez em cada animal, sendo seis sacos por alimento. Os sacos, para cada tempo de incubação, foram colocados dentro do rúmen e, após a retirada destes, outros 24 sacos foram introduzidos. Optou-se por colocar um tempo por vez, devido à grande quantidade de alimentos a serem incubados, já que ovinos e caprinos possuem uma abertura de fistula menor, impossibilitando, a colocação de todos os tempos e retirada de uma só vez.

Foram confeccionados 6 sacos/alimento/tempo/animal, perfazendo um total de 2520 sacos. Após o término de cada tempo de incubação, a sacola de filó foi retirada do rúmen, aberta e os sacos de náilon, contendo o resíduo da amostra, imediatamente lavados em máquina apropriada para lavagem de sacos e colocados em estufa a 65°C, durante 48 horas, resfriados em dessecador e pesados. Os sacos referentes ao tempo zero (utilizados para se determinar a

fração prontamente solúvel) foram introduzidos na massa ruminal e imediatamente retirados, recebendo, então, o mesmo tratamento destinado aos demais tempos.

#### **5.4 Análises bromatológicas**

Os resíduos remanescentes das incubações foram analisadas quanto a matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro e ácido. Os seis sacos incubados foram abertos, homogeneizados formando uma amostra composta por alimento por tempo por animal.

A matéria seca foi obtida através da pesagem do saco após secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C por 48 horas antes da retirada das amostras para a realização das próximas análises químicas. A proteína bruta foi obtida pela multiplicação do nitrogênio total da amostra por 6,25. O teor de nitrogênio foi estimado pelo método Kjeldhal, segundo A.O.A.C. (1980). A fibra em detergente neutro e ácido foi obtida segundo descrito por Van Soest, Robertson e Lewis (1991).

#### **5.6 Procedimento experimental**

A degradabilidade da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro e ácido das amostras incubadas *in situ* foi calculada a partir da diferença entre as quantidades incubadas e os resíduos após a incubação. A estimativa dos parâmetros (a, b e c) dos modelos não lineares de degradação dos alimentos, nos diferentes tempos de incubação, foi realizada por processos iterativos, de modo a tornar mínima a soma de quadrados dos erros através de regressão não linear pelo método de Gauss-Newton (Neter, Wasserman e Kutner, 1985) com auxílio do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (Euclides, 1997). Foi

utilizada para a estimativa de tais parâmetros a seguinte equação proposta por Orskov e McDonald (1979):

$$Y = a + b(1 - e^{-ct}) \quad \text{sendo:}$$

- Y = degradabilidade acumulada do componente nutricional, após um tempo t  
a = intercepto da curva de degradabilidade quando t=0, correspondendo a fração solúvel do componente nutritivo analisado  
b = degradabilidade potencial da fração insolúvel do componente nutritivo, que é degradado a uma taxa c  
c = taxa de degradação por ação fermentativa da fração b  
t = tempo de incubação (horas)

Uma vez calculadas as constantes a, b e c, foram estas aplicadas à equação proposta por Orskov e McDonald (1979):

$$P = a + ((b \times c) / (c + k)) \quad \text{sendo:}$$

- P = degradabilidade ruminal efetiva do componente nutritivo analisado  
k = taxa de passagem ruminal do alimento (%/h)

A degradabilidade dos nutrientes estimada no tempo de incubação foi submetida a análise de variância utilizando delineamento inteiramente casualizado, em um fatorial 4 x 5, ou seja, 4 volumosos e 5 grupos genéticos, com 6 repetições. Os dados referentes ao desaparecimento da fibra em detergente neutro e ácido, estimados no tempo, sofreram transformação angular. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a análise dos dados utilizou-se o software Statistical Analysis System (SAS, 1991).

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Matéria seca**

Os valores para a fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) e taxa de degradação (TD) da fração insolúvel potencialmente degradável, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) observados para os alimentos volumosos nos diferentes grupos genéticos podem ser visualizados nas Tabelas 27, 28 e 29.

TABELA 27 Fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) e taxa de degradação (TD) para as equações de degradabilidade da matéria seca dos volumosos, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

	FSO (%)	FIPD (%)	TD (%/h)	$R^2$ (%)
		FAL		
NE	29,4	49,4	7,81	97,2
HO	28,6	50,0	6,16	95,6
JE	27,3	51,1	6,71	96,3
CA	31,3	45,0	4,66	94,6
OV	28,7	45,2	4,34	89,5
		CGO		
NE	18,0	62,0	3,13	99,0
HO	17,4	59,7	2,95	95,6
JE	19,0	62,4	2,52	97,8
CA	19,2	56,2	2,11	92,8
OV	18,4	45,9	2,46	91,7
		CNA		
NE	18,9	55,9	4,10	99,0
HO	18,5	54,8	3,50	95,8
JE	20,1	52,9	3,08	97,2
CA	20,9	53,0	1,88	93,2
OV	20,5	58,0	1,59	92,0
		FCC		
NE	18,9	61,7	3,92	98,1
HO	19,7	57,1	3,62	94,4
JE	20,3	57,9	3,30	97,0
CA	21,7	52,0	2,83	95,5
OV	21,2	41,5	2,72	92,8

Percebe-se, pela Tabela 27, que houve uma maior variação entre grupos genéticos na fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) para o capim gordura (CGO) e feno de coast cross (FCC), sendo as menores frações nesses

volumosos observadas nos ovinos. As maiores variações na taxa de degradação podem ser observadas no feno de alfafa (FAL) e capim napier (CNA) sendo que para os outros volumosos os valores foram muito próximos entre grupos.

Os parâmetros cinéticos são importantes por descreverem o processo de degradação e caracterizarem as propriedades intrínsecas dos alimentos que vão ou não limitar sua disponibilidade aos ruminantes (Mertens, 1993). Analisando as médias dos parâmetros obtidos (tabela 28), nota-se uma maior fração solúvel (FSO) e taxa de degradação (TD) para o feno de alfafa (FAL). De fato, as leguminosas são caracterizadas por conter alta quantidade de frações solúveis em relação às gramíneas (Galyean e Goetsch, 1993). Para os demais volumosos, os altos valores observados para a FSO poderiam ser atribuídos ao diâmetro geométrico médio, em torno de 0,5mm, o que permitiu um maior escape de amostra na incubação e no processo de lavagem dos sacos.

**TABELA 28** Médias dos valores para a Fração Solúvel (FSO), Fração Insolúvel Potencialmente Degradável (FIPD) e Taxa de Degradação (TD) das equações de degradabilidade da matéria seca dos volumosos, com seus respectivos Coeficientes de Determinação ( $R^2$ )

	FSO (%)	FIPD (%)	TD (%/h)	$R^2$ (%)
FAL	29,1	48,1	5,90	94,6
CGO	18,4	57,2	2,60	95,4
CNA	19,8	54,9	2,83	95,4
FCC	20,4	54,0	3,28	95,6

	NE	HO	JE	CA	OV
FSO (%)	21,3	21,1	21,7	23,3	22,2
FIPD (%)	57,3	55,4	56,1	51,5	47,6
TD (%/h)	4,74	4,06	3,90	2,87	2,78
R <sup>2</sup> (%)	98,3	95,4	97,1	94,0	91,5

TABELA 29 Médias dos valores para a tração solúvel (FSO), tração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) e taxa de degradação (TD) das equações de degradabilidade da matéria seca dos volumosos com seus respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>), calculada nos diferentes grupos genéticos

Para as gramíneas verifica-se uma menor taxa de degradação (TD) enquanto que para tração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) podem-se observar maiores valores para o capim gordura (CGO) e intermediários para o capim napier (CNA) e feno de coast cross (FCC). Malafaia et al. (1996) relataram valores de 48,3% e 3,54%/h e de 48,9% e 2,98%/h para as FIPD e TD do capim napier e gordura, respectivamente, valores menores aos obtidos. As taxas de degradação dos volumosos (Tabela 29) foram maiores nos bovinos em relação aos caprinos e ovinos. Segundo Rees e Little (1980), bovinos apresentam um maior tempo de retenção ruminal da digesta, permitindo uma exposição mais prolongada da partícula do alimento ao ataque dos microrganismos e consequente degradação.

A degradabilidade efetiva foi calculada para as taxas de passagens teóricas de 2 (DEMS2), 5 (DEMS5) e 8%/h (DEMS8) e consta nas Tabelas 30 e 31.

Quando a taxa de passagem variou de 2 a 8%/h houve uma redução na matéria seca efetivamente degradada dos volumosos avaliados. O feno de alfafa (FAL) foi, entre os volumosos, o mais degradado, seguido pelo feno de coast cross (FCC), sendo que para os capins os valores de degradação foram muito próximos.

TABELA 30 Médias dos valores de degradabilidade efetiva da matéria seca (%), nas taxas de passagens de 2 (DEMS2), 5 (DEMS5) e 8%/h (DEMS8) para os volumosos avaliados

	DEMS2	DEMS5	DEMS8
FAL	64,4	54,7	49,2
CGO	48,4	36,6	31,5
CNA	48,7	37,8	32,9
FCC	52,4	40,8	35,4

Considerando o grupo I dos bovinos (I = NE/HO/JE) em comparação ao grupo II constituído por caprinos e ovinos (II = CA/OV) observa-se (Tabela 31) uma maior degradação para o grupo I, sendo que o feno de alfafa (FAL) foi o volumoso que apresentou a menor diferença entre os dois grupos, em média 6 unidades percentuais. Pode-se inferir daí que as diferenças entre grupos genéticos praticamente são inexistentes quando volumosos de alto valor nutritivo são fornecidos aos ruminantes.

Para o capim gordura (CGO), capim napier (CNA) e feno de coast cross (FCC), nas taxas de 2, 5 e 8%/h as diferenças entre os grupos I e II foram de aproximadamente 12, 8 e 6 unidades percentuais, ou seja, ao nível de manutenção ou de baixo consumo (taxa de passagem 2%/h), os bovinos são superiores na degradação dos nutrientes dos volumosos em relação aos caprinos e ovinos. De fato, Boever et al. (1984) observaram em bovinos maior capacidade de digestão de forragens de baixa qualidade quando comparados aos ovinos.

Aroeira, Lopes e Dayrell (1996) avaliaram a degradabilidade *in situ* de alguns volumosos em vacas secas H/Z alimentadas com capim elefante e suplementados com farelo de algodão. Considerando uma taxa de passagem de 5%/h, os autores relataram valores para degradabilidade efetiva da matéria seca do feno de alfafa e feno de coast cross de 61,4% e 45,5%, próximos aos valores médios obtidos no grupo de bovinos de (57,3% e 43,9%, respectivamente). Ranilla et al. (1997) relatam valor de 66,5% para o feno de alfafa em ovinos, bem superior ao valor de 49,0% encontrado.

TABELA 31 Degradabilidade efetiva da matéria seca (%) dos volumosos, nas taxas de passagens de 2 (DEMS2), 5 (DEMS5) e 8%/h (DEMS8), avaliada nos diferentes grupos genéticos

		DEMS2	DEMS5	DEMS8
FAL	NE	68,6	59,4	53,7
	HO	66,1	56,0	50,2
	JE	66,5	56,4	50,5
	CA	62,3	52,7	47,7
	OV	58,6	49,0	44,1
	NE/HO/JE	67,1	57,3	51,5
	CA/OV	60,5	50,9	45,9
CGO	NE	55,7	41,8	35,4
	HO	51,6	38,9	33,1
	JE	52,7	39,1	33,4
	CA	43,9	33,1	28,9
	OV	38,2	29,9	26,6
	NE/HO/JE	53,3	39,9	34,0
	CA/OV	41,1	31,2	27,8
CNA	NE	56,3	43,9	37,7
	HO	52,2	40,3	34,6
	JE	52,0	40,1	34,7
	CA	43,9	33,6	29,7
	OV	39,0	31,0	27,9
	NE/HO/JE	53,5	41,4	35,7
	CA/OV	41,5	32,3	28,8
FCC	NE	59,3	45,7	38,9
	HO	55,6	43,0	37,0
	JE	56,0	43,1	37,0
	CA	49,1	38,3	33,7
	OV	42,0	33,8	30,4
	NE/HO/JE	57,0	43,9	37,6
	CA/OV	45,6	36,1	32,1

Verifica-se também, na Tabela 32, que no grupo de bovinos a raça nelore (NE) apresentou valores levemente superiores as outras raças sendo que a holandesa (HO) e jersey (JE) foram semelhantes. A maior digestibilidade dos zebuínos, quando comparados aos taurinos, pode estar ligada ao tempo de retenção ruminal da digesta e taxa de fermentação (Hungate et al., 1960).

**TABELA 32** Médias dos valores de degradabilidade efetiva da matéria seca (%), nas taxas de passagens de 2 (DEMS2), 5 (DEMS5) e 8%/h (DEMS8), para os volumosos avaliados

	DEMS2	DEMS5	DEMS8
NE	60,0	47,7	41,4
HO	56,4	44,6	38,7
JE	56,8	44,7	38,9
CA	49,8	39,4	35,0
OV	44,5	35,9	32,3

O desaparecimento da matéria seca estimada no tempo de incubação pode ser observada nas Tabelas 33 e 34. Não houve interação significativa ( $P > 0,0001$ ) entre grupo genético e volumoso. Provavelmente, entre 12 e 24 horas, completou-se a degradação efetiva da matéria seca dos volumosos, sendo que a maior ( $P < 0,05$ ) degradabilidade estimada neste período foi observada para o feno de alfafa (FAL).

TABELA 33 Médias dos valores estimados para a degradabilidade da matéria seca (%) dos volumosos, nos diferentes tempos de incubação com seus respectivos erros padrão (EP)

	6 h	12 h	24 h
FAL	43,4 a	53,2 a	64,7 a
CGO	26,2 d	32,8 c	43,0 c
CNA	27,9 c	34,5 c	44,4 c
FCC	29,7 b	37,3 b	48,4 b
EP	0,43	0,61	0,90

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A degradabilidade da matéria seca estimada nos tempos 6, 12 e 24 horas de incubação foi diferente ( $P < 0,05$ ) entre os grupos genéticos (Tabela 34), percebendo-se a superioridade ( $P < 0,05$ ) dos animais da raça nelore (NE) na degradação da matéria seca dos volumosos. Os animais das raças holandesa (HO) e jersey (JE) foram semelhantes na degradação dos volumosos, enquanto que caprinos foram superiores ( $P < 0,05$ ) aos ovinos.

**TABELA 34** Médias dos valores estimados para a degradabilidade da matéria seca (%) dos volumosos, nos diferentes tempos de incubação e grupos genéticos, com seus respectivos erros padrão (EP)

	6 h	12 h	24 h
NE	34,8 a	44,7 a	57,8 a
HO	32,5 b	41,4 b	53,4 b
JE	32,8 b	41,4 b	53,3 b
CA	30,4 c	36,3 c	45,2 c
OV	28,4 d	33,4 d	40,9 d
EP	0,48	0,68	1,01

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

## 6.2 Proteína bruta

Os valores para a fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) e taxa de degradação (TD) da fração insolúvel potencialmente degradável, com seus respectivos coeficientes de determinação para os volumosos podem ser observados nas Tabelas 35 e 36.

Na Tabela 35 verifica-se uma alta variação entre grupos para a fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) para o capim gordura (CGO) e feno de coast cross (FCC), sendo os menores valores para esses volumosos observados em caprinos e ovinos. A taxa de degradação (TD) da proteína dos volumosos avaliados variou de 4,03 a 7,39%/h para o feno de alfafa (FAL), de 1,70 a 11,05%/h para o capim gordura (CGO), de 3,48 a 5,69%/h para o capim napier (CNA) e de 1,91 a 3,94 para o feno de coast cross (FCC). A maior TD pode ser observada nos ovinos, para o capim gordura.

TABELA 35 Fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) e taxa de degradação (TD) para as equações de degradabilidade da proteína bruta dos volumosos, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

	FSO (%)	FIPD (%)	TD (%/h)	$R^2$ (%)
		FAL		
NE	32,4	58,9	7,39	96,3
HO	27,2	62,4	6,34	95,4
JE	28,4	61,4	6,64	95,2
CA	33,2	53,1	4,03	93,6
OV	29,7	59,3	5,24	95,8
		CGO		
NE	26,4	55,7	3,37	93,0
HO	30,1	55,5	1,70	92,0
JE	31,9	51,0	1,97	95,8
CA	32,6	37,4	4,82	85,0
OV	27,9	34,3	11,05	92,8
		CNA		
NE	34,4	44,4	4,84	96,5
HO	30,5	48,0	3,73	96,7
JE	33,7	47,5	3,63	96,5
CA	31,5	47,1	3,48	89,0
OV	32,8	48,0	5,69	93,1
		FCC		
NE	39,2	51,3	3,94	93,5
HO	38,2	51,8	2,54	95,6
JE	36,4	56,9	2,20	95,7
CA	37,8	43,8	2,55	91,1
OV	46,2	39,8	1,91	92,7

Percebe-se na Tabela 36, que a maior fração solúvel (FSO) da proteína pode ser observada para o feno de coast cross (FCC). O feno de alfafa (FAL) foi, dentre os volumosos, o que apresentou a maior fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) e taxa de degradação (TD), indicando uma alta disponibilidade da fração protéica a nível ruminal. Já o feno de coast cross (FCC) foi o que apresentou a menor taxa de degradação entre os volumosos avaliados. Aroeira, Lopes e Dayrell (1996) relataram valores de 12,6 e 3,5%/h para a taxa de degradação do feno de alfafa e de coast cross, respectivamente, valores bem diferentes aos relatados nessa pesquisa.

**TABELA 36** Médias dos valores para a fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD), taxa de degradação (TD) das equações de degradabilidade da proteína bruta dos volumosos com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

	FSO (%)	FIPD (%)	TD (%/h)	$R^2$ (%)
FAL	30,2	59,0	5,93	95,3
CGO	29,8	46,8	4,58	91,7
CNA	32,6	47,0	4,27	94,4
FCC	39,6	48,7	2,63	93,7

Considerando todos os volumosos, as maiores taxas de degradação da fração protéica podem ser observadas nos ovinos (Tabela 37), seguidas pelos animais da raça nelore (NE), sendo que os das raças holandesa (HO) e jersey (JE) e os caprinos apresentaram valores semelhantes.

TABELA 37 Médias dos valores para a fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD), taxa de degradação (TD) das equações de degradabilidade da proteína bruta dos volumosos com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nos diferentes grupos genéticos

	FSO (%)	FIPD (%)	TD (%/h)	$R^2$ (%)
NE	33,1	52,6	4,89	94,8
HO	31,5	54,4	3,58	94,9
JE	32,6	54,2	3,61	95,8
CA	33,8	45,4	3,72	89,7
OV	34,2	45,4	5,97	93,6

Nas Tabelas 38, 39 e 40 podem-se observar as degradabilidades efetivas na proteína bruta dos volumosos, estimadas nas taxas de passagens teóricas de 2 (DEPB2), 5 (DEPB5) e 8%/h (DEPB8). Observa-se, na Tabela 38 que a degradação da proteína bruta dos volumosos tendeu a menores valores com o aumento da taxa de passagem. O feno de alfafa (FAL) apresentou altos valores para a fração insolúvel potencialmente degradável (59,0%) e para a taxa de degradação (5,93%/h) da fração protéica, além da alta degradação efetiva indicando elevada qualidade dessa forragem. Segundo Merchen e Bourquin (1993), a fração protéica da leguminosa é mais extensivamente degradada no rúmen em relação a da gramínea.

**TABELA 38** Médias dos valores de degradabilidade efetiva para a proteína bruta (%), nas taxas de passagens de 2 (DEPB2), 5 (DEPB5) e 8%/h (DEPB8) para os volumosos

	DEPB2	DEPB5	DEPB8
FAL	73,4	61,5	54,8
CGO	53,7	44,7	40,8
CNA	60,2	50,9	46,6
FCC	66,2	55,3	50,4

O feno de coast cross (FCC), apesar de apresentar o menor valor para taxa de degradação (2,63%/h), foi, depois do feno de alfafa, o mais degradado na sua fração protéica. Provavelmente, para o feno de coast cross a moagem proporcionou um aumento na degradação. Segundo Michalet-Doreau e Cerneau (1991), a moagem da amostra envolve um aumento na degradação da proteína devido ao aumento na fração rapidamente solúvel ou devido ao aumento na velocidade de degradação da fração insolúvel potencialmente degradável.

Considerando grupo I (NE/HO/JE) e grupo II (CA/OV), (Tabela 39) percebem-se menores diferenças entre esses grupos, em relação às notificadas na degradação da matéria seca para os mesmos grupos. As diferenças entre os grupos para o feno de alfafa (FAL) foram semelhantes às encontradas para a degradabilidade efetiva da matéria seca. Para a proteína bruta, nas taxas de 2, 5 e 8%/h, do capim gordura (CGO), capim napier (CNA) e feno de coast cross (FCC) as diferenças entre grupos I e II foram de aproximadamente 7, 1 e 2 unidades percentuais. Tais diferenças foram menores às encontradas para a matéria seca, ou seja, os grupos I e II tenderam a degradações mais próximas com relação a fração protéica.

Para as gramíneas, os ovinos (OV) tenderam a maiores valores enquanto que para o feno de alfafa (FAL) os valores entre caprinos (CA) e ovinos (OV) foram próximos. Esses resultados contrariam, Larbi, Fianu e Akude (1991), que relataram em caprinos maior digestão da proteína bruta em relação aos ovinos.

TABELA 39 Degradabilidade efetiva da proteína bruta (%), nas taxas de passagens de 2 (DEPB2), 5 (DEPB5) e 8%/h (DEPB8), para os volumosos avaliados nos diferentes grupos genéticos

		DEPB2	DEPB5	DEPB8
FAL	NE	78,7	67,5	60,7
	HO	74,2	61,7	54,5
	JE	75,4	63,3	56,2
	CA	68,4	56,8	50,9
	OV	70,2	58,1	51,8
	NE/HO/JE	76,1	64,2	57,1
	CA/OV	69,3	57,5	51,4
CGO	NE	57,1	45,9	40,8
	HO	53,7	43,1	39,1
	JE	55,6	45,4	41,4
	CA	52,5	45,6	42,5
	OV	70,2	58,1	51,8
	NE/HO/JE	55,5	44,8	40,4
	CA/OV	61,4	51,9	47,2
CNA	NE	65,3	55,7	50,7
	HO	59,9	49,8	45,0
	JE	62,1	51,9	47,3
	CA	56,9	47,8	43,7
	OV	70,2	58,1	51,8
	NE/HO/JE	62,4	52,5	47,7
	CA/OV	63,6	53,0	47,8
FCC	NE	71,2	60,4	55,2
	HO	65,9	54,9	50,3
	JE	65,1	53,2	48,3
	CA	58,5	50,1	46,6
	OV	70,2	58,1	51,8
	NE/HO/JE	67,4	56,2	51,3
	CA/OV	64,4	54,1	49,2

Considerando a degradação efetiva da fração protéica de todos os volumosos (Tabela 40), percebe-se que a raça nelore (NE) e os ovinos (OV) tenderam a maiores valores em relação aos outros grupos. No grupo dos bovinos, a tendência foi a mesma da matéria seca, ou seja, maiores valores para animais da raça nelore (NE) e, entre as raças holandesa (HO) e jersey (JE), valores muito próximos.

TABELA 40 Médias dos valores de degradabilidade efetiva da proteína bruta (%), nas taxas de passagens de 2 (DEPB2), 5 (DEPB5) e 8%/h (DEPB8) nos diferentes grupos genéticos

	DEPB2	DEPB5	DEPB8
NE	68,1	57,4	51,9
HO	63,4	52,4	47,2
JE	64,6	53,5	48,3
CA	59,1	50,1	45,9
OV	70,2	58,1	51,8

Os dados referentes à degradabilidade da proteína bruta, estimada nos tempos 6, 12 e 24 horas de incubação podem ser observados nas Tabelas 41 e 42. Não houve interação significativa ( $P > 0,0001$ ) entre volumoso e grupo genético. A degradabilidade da proteína bruta estimada nos tempos 6, 12 e 24 horas de incubação foi diferente ( $P < 0,05$ ) entre volumosos (Tabela 41) avaliados. Considerando uma taxa de passagem de 5%/h, a degradação efetiva da proteína bruta, provavelmente, se completou por volta de 12 horas para todos os volumosos. O feno de alfafa (FAL) foi o mais degradado nesse tempo, seguido pelo feno de coast cross (FCC), capim napier (CNA) e capim gordura (CGO).

**TABELA 41** Médias dos valores de degradabilidade da proteína bruta dos volumosos (%) avaliados, com seus respectivos erros padrão (EP)

	6 h	12 h	24 h
FAL	47,8 a	59,8 a	73,6 a
CGO	37,1 c	42,2 c	49,6 c
CNA	42,1 b	48,8 b	57,6 b
FCC	46,2 a	51,7 b	60,0 b
EP	1,06	1,07	1,11

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A degradabilidade da proteína bruta estimada nos tempos 6, 12 e 24, horas de incubação foi diferente ( $P < 0,05$ ) entre grupos (Tabela 42). Houve uma maior ( $P < 0,05$ ) degradação da proteína bruta nos animais da raça nelore (NE) e intermediária para a jersey. No rúmen dos ovinos, a degradação efetiva da proteína bruta ocorreu mais tarde, por volta de 24 horas.

TABELA 42 Médias dos valores de degradabilidade da proteína bruta dos volumosos (%) nos diferentes grupos genéticos com seus respectivos erros padrão (EP)

	6 h	12 h	24 h
NE	46,1 a	55,3 a	66,7 a
HO	41,8 a	49,6 b	60,1 bc
JE	42,9 a	50,6 ab	61,1 b
CA	41,6 a	47,6 b	56,0 c
OV	44,2 a	50,1 b	57,2 bc
EP	1,19	1,20	1,24

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade

### 6.3 Fibra em detergente neutro

Os valores obtidos para a fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) e taxa de degradação (TD) da fração insolúvel potencialmente degradável para as equações de degradabilidade da fibra em detergente neutro podem ser visualizados nas Tabelas 43, 44 e 45.

Na Tabela 43 pode-se observar os valores médios para as frações solúveis e insolúveis e taxa de degradação obtidas nos diferentes volumosos. A fração solúvel (FSO) diferiu entre os volumosos, sendo que o feno de coast cross (FCC) apresentou a maior fração solúvel da fibra em detergente neutro. Possivelmente, a perda de partículas pelos poros dos sacos ocasionou os altos valores para a fração solúvel dos volumosos. Para a fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD), os valores foram próximos entre as gramíneas e menor para o feno de alfafa (FAL).

TABELA 43 Fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) e taxa de degradação (TD) da fibra em detergente neutro dos volumosos, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

	FSO (%)	FIPD (%)	TD (%)	$R^2$ (%)
FAL	4,11	59,9	4,80	91,6
CGO	2,02	65,2	3,09	93,8
CNA	1,34	66,8	2,51	96,1
FCC	7,65	63,5	3,53	93,6

Analisando os parâmetros obtidos (Tabela 44), nota-se que a fração insolúvel (FIPD) variou de 40,1 a 85,6% para o feno de alfafa (FAL); de 38,8 a 77,9% para o capim gordura (CGO); de 56,9 a 76,7 para o capim napier (CNA); e de 52,6 a 69,1 para o feno de coast cross (FCC). Para taxa de degradação (TD), a variação foi de 1,83 a 7,46%/h para o FAL; de 2,30 a 3,33%/h para o CGO; de 1,01 a 3,87%/h para o CNA; e de 2,46 a 4,56%/h para o FCC. Maiores taxas de degradação podem ser observadas na raça nelore para os fenos e nos capins gordura e napier para ovinos e animais da raça jersey, respectivamente.

**TABELA 44 Fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) e taxa de degradação (TD) para as equações de degradabilidade da fibra em detergente neutro dos volumosos, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )**

	FSO (%)	FIPD (%)	TD (%/h)	$R^2$ (%)
		<b>FAL</b>		
NE	2,08	61,2	7,46	94,2
HO	0,21	64,7	5,08	96,3
JE	15,9	48,1	4,99	86,0
CA	1,44	85,6	1,83	91,7
OV	0,84	40,1	4,64	89,9
		<b>CGO</b>		
NE	0,06	77,9	3,33	98,4
HO	1,93	67,7	2,91	93,2
JE	5,64	76,0	2,30	91,1
CA	0,03	65,7	2,69	96,0
OV	2,42	38,8	4,25	90,3
		<b>CNA</b>		
NE	1,73	69,4	3,55	97,4
HO	2,13	76,7	2,37	97,2
JE	0,51	60,5	3,87	96,2
CA	0,01	70,6	1,77	95,4
OV	2,33	56,9	1,01	94,4
		<b>FCC</b>		
NE	8,91	67,2	4,56	94,1
HO	5,58	69,1	3,66	92,1
JE	7,69	63,0	4,27	97,3
CA	8,10	65,5	2,71	98,1
OV	7,95	52,6	2,46	86,3

Considerando a degradação da fibra em detergente neutro de todos os volumosos (Tabela 45), as maiores taxas de degradação podem ser observadas quando os volumosos são expostos ao ambiente ruminal dos bovinos, sendo que entre estes, a raça nelore (NE) contribuiu com os maiores valores.

TABELA 45 Fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) e taxa de degradação (TD) da fibra em detergente neutro obtidos nos diferentes grupos genéticos, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

	FSO (%)	FIPD (%)	TD (%)	$R^2$ (%)
NE	3,2	68,9	4,73	96,0
HO	2,5	69,6	3,51	94,7
JE	7,4	61,9	3,86	92,7
CA	2,4	71,9	2,25	95,3
OV	3,4	47,1	3,09	90,2

Nas Tabelas 46, 47 e 48 pode-se visualizar a fibra em detergente neutro efetivamente degradada no rúmen, nas taxas de passagens teóricas de 2 (DEFDN2), 5 (DEFDN5) e 8%/h (DEFDN8), para os volumosos avaliados.

Pode-se observar, na Tabela 46, que entre os fenos e entre os capins, as médias dos valores de degradabilidade efetiva para a fibra em detergente neutro foram semelhantes. Os fenos de alfafa (FAL) e de coast cross (FCC) apresentaram, como visto anteriormente, uma alta taxa de degradação e também uma alta degradação efetiva da fibra em detergente neutro.

Houve uma redução na degradação da parede celular com o aumento da taxa de passagem da digesta no rúmen para todos os volumosos. Segundo Bourquim et al. (1990), a redução na digestibilidade das forragens é atribuída ao decréscimo na residência da digesta no rúmen, ou seja, o tempo necessário para a adesão, multiplicação e colonização da partícula do volumoso pelas bactérias é menor afetando, conseqüentemente, sua degradação.

TABELA 46 Médias dos valores para a degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro (%) dos volumosos, nas taxas de passagens de 2 (DEFDN2), 5 (DEFDN5) e 8%/h (DEFDN8)

	DEFDN2	DEFDN5	DEFDN8
FAL	42,6	30,2	24,1
CGO	34,4	21,8	16,4
CNA	33,6	21,0	15,6
FCC	42,7	30,5	24,7

Na Tabela 47 pode-se observar que o grupo I (NE/HO/JE) apresentou valores médios para a degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro de 48,6%, 36,4% e 30,2% para o feno de alfafa (FAL) de 43,9%, 28,1%, 21,1% para o capim gordura (CGO) de 40,9%, 26,5%, 19,9% para o capim napier (CNA) e de 51,4%, 37,0 %, 29,7% para o feno de coast cross (FCC) nas taxas de 2, 5 e 8%/h, respectivamente. Para o grupo II (CA/OV), os valores foram de 33,6%, 20,4% e 14,9% para o feno de alfafa (FAL) de 20,2%, 12,3% e 9,2% para o capim gordura (CGO) de 22,6%, 12,8% e 9,1% para o capim napier (CNA) e de 29,6%, 20,7% e 17,1% para o feno de coast cross (FCC) nas mesmas taxas de passagens. Portanto, notam-se maiores valores de degradação da fibra em detergente neutro em bovinos. Rees e Little (1980), comparando bovinos e ovinos, quanto à degradação de forragens, também relataram menores valores para ovinos em relação a bovinos e atribuem essa diferença à taxa de degradação da forragem e a contribuição de componentes endógenos.

TABELA 47 Degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro (%) dos volumosos nas taxas de passagens de 2 (DEFDN2), 5 (DEFDN5) e 8 %/h (DEFDN8) obtidas nos diferentes grupos genéticos

		DEFDN2	DEFDN5	DEFDN8
FAL	NE	49,9	38,3	31,3
	HO	45,7	32,0	24,7
	JE	50,0	40,0	34,6
	CA	41,7	24,0	17,1
	OV	25,4	16,8	12,8
	NE/HO/JE	48,5	36,8	30,2
	CA/OV	33,6	20,4	15,0
CGO	NE	48,6	31,1	22,9
	HO	42,0	26,8	20,0
	JE	40,9	26,4	20,5
	CA	28,1	16,3	11,7
	OV	12,4	8,3	6,8
	NE/HO/JE	43,8	28,1	21,1
	CA/OV	20,3	12,3	9,3
CNA	NE	45,4	30,0	22,7
	HO	37,3	22,8	17,0
	JE	40,0	26,6	20,1
	CA	33,2	18,5	12,8
	OV	12,1	7,1	5,5
	NE/HO/JE	40,9	26,5	19,9
	CA/OV	22,7	12,8	9,2
FCC	NE	55,6	41,0	33,3
	HO	48,4	33,5	26,4
	JE	50,1	36,4	29,4
	CA	40,0	26,9	21,5
	OV	19,1	14,5	12,8
	NE/HO/JE	51,4	37,0	29,7
	CA/OV	29,6	20,7	17,2

Na Tabela 48, verifica-se que os animais da raça nelore (NE) contribuíram com os maiores valores de degradação, os da raça jersey (JE) com valores intermediários enquanto que os da holandesa com os mais baixos.

Alguns autores (Beaver et al., 1989; Valadares Filho et al., 1987) atribuem a maior digestibilidade da forragem em *Bos indicus*, com relação aos *Bos taurus*, a taxas de fermentação mais altas e maior tempo de retenção da digesta no rúmen, enquanto outros, (Hunter e Siebert 1985; Valadares Filho et al., 1990) a atribuem a maior concentração de amônia ruminal em *Bos indicus*.

TABELA 48 Médias dos valores para a degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro (%), nas taxas de passagens de 2 (DEFDN2), 5 (DEFDN5) e 8%/h (DEFDN8) para os volumosos avaliados nos diferentes grupos genéticos

	DEFDN2	DEFDN5	DEFDN8
NE	49,9	35,1	27,6
HO	43,4	28,8	22,0
JE	45,3	32,4	26,2
CA	35,8	21,4	15,8
OV	17,3	11,7	9,5

Verifica-se que entre caprinos (CA) e ovinos (OV), os caprinos degradaram maiores proporções da parede celular desses vegetais em relação aos ovinos, sendo a diferença entre valores muito expressiva. Dados sobre estudos comparativos entre ovinos e caprinos não são consistentes devido, provavelmente, às condições em que os estudos são conduzidos, entretanto, existem evidências que caprinos são mais eficientes na digestão da fibra do que ovinos (Gihad, 1976; Gihad, El-Bedawy e Mehrez, 1980; Brown e Johnson, 1985). Segundo Al Jassim et al. (1991), a alta digestibilidade da fibra em caprinos está relacionada à maior taxa de fermentação e alta taxa de produção de saliva em comparação aos ovinos.

Os valores obtidos para a degradabilidade da fibra em detergente neutro, para volumosos e grupos genéticos, estimada nos tempos de 12, 24 e 48 horas são apresentados nas Tabelas 49 e 50. Não houve interação, para a degradabilidade estimada da fibra em detergente neutro, entre volumoso e grupo genético. Os volumosos e grupos diferiram quanto a degradação da fibra em detergente neutro nos tempos de 12, 24 e 48 horas.

Na Tabela 49 percebe-se que, entre fenos e entre capins, os valores para a degradação da fibra em detergente neutro não diferiram ( $P>0,05$ ) significativamente. Considerando uma taxa de passagem de 5%/h, a degradação efetiva da fibra em detergente neutro provavelmente se completou entre 12 e 24 horas para todos os volumosos avaliados.

**TABELA 49 Médias<sup>1</sup> para a degradabilidade da fibra em detergente neutro (%) dos volumosos, com seus respectivos erros padrão (EP)**

	12 h	EP	24 h	EP	48 h	EP
FAL	26,8 a	0,028	39,6 a	0,035	51,8 a	0,036
CGO	17,2 b	0,026	27,9 b	0,032	41,4 b	0,033
CNA	16,3 b	0,035	26,9 b	0,044	40,4 b	0,045
FCC	26,4 a	0,026	38,2 a	0,032	51,1 a	0,032

Médias seguidas por mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade; 1- Médias transformadas por  $\arcsen \sqrt{x}$

Na Tabela 50, verifica-se que, entre os grupos genéticos, os animais da raça nelore (NE) foram superiores ( $P < 0,05$ ) aos demais na degradação da fibra em detergente neutro em todos os tempos de incubação, evidenciando a grande capacidade desses animais em degradar os constituintes fibrosos da dieta (Kennedy, McSweeney e Welch, 1992). Os dados mostram também que os caprinos em relação aos ovinos foram superiores ( $P < 0,05$ ) na degradação da fibra em detergente neutro, confirmando resultados obtidos por Al Jassim et al. (1991).

TABELA 50 Médias<sup>1</sup> para a degradabilidade da fibra em detergente neutro (%) dos volumosos com seus respectivos erros padrão (EP) nos diferentes grupos genéticos

	12 h	EP	24 h	EP	48 h	EP
NE	31,3 a	0,029	47,3 a	0,036	62,3 a	0,038
HO	24,3 b	0,029	38,4 b	0,036	53,7 b	0,038
JE	28,6 ab	0,029	41,6 ab	0,036	55,0 ab	0,038
CA	16,5 c	0,055	27,6 c	0,069	42,9 c	0,070
OV	9,7 d	0,036	13,8 d	0,046	19,0 d	0,047

Médias seguidas por mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade; 1- Médias transformadas por  $\arcsen \sqrt{x}$

#### 6.4 Fibra em detergente ácido

Os valores para a fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) e taxa de degradação (TD) da fração insolúvel potencialmente degradável das equações para a degradabilidade da fibra em detergente ácido dos volumosos avaliados são apresentados nas Tabelas 51, 52 e 53.

Houve uma variação (Tabela 51) para a fração insolúvel potencialmente degradável da fibra em detergente ácido de 32,0 a 67,5% para o feno de alfafa (FAL) de 26,8 a 81,1% para o capim gordura (CGO) de 51,8 a 78,3% para o capim napier (CNA) e de 36,9 a 70,0% para o feno de coast cross (FCC). Para a taxa de degradação (TD) a variação foi de 4,49 a 25,05%/h para o FAL, 1,45 a 6,81%/h para o CGO, de 1,16 a 3,89%/h para o CNA e de 0,79 a 8,72%/h para o FCC.

TABELA 51 Fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) e taxa de degradação (TD) para as equações de degradabilidade da fibra em detergente ácida dos volumosos, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

	FSO (%)	FIPD (%)	TD (%/h)	$R^2$ (%)
		FAL		
NE	7,4	41,2	25,05	95,5
HO	2,7	67,5	4,49	88,5
JE	3,7	46,8	15,22	91,9
CA	3,1	34,1	8,93	79,9
OV	4,3	32,0	6,73	91,0
		CGO		
NE	3,5	60,6	2,82	94,5
HO	5,3	81,1	2,08	93,8
JE	12,3	54,6	3,85	88,8
CA	3,1	26,8	6,81	90,7
OV	8,4	34,1	1,45	88,9
		CNA		
NE	6,8	64,8	2,93	96,0
HO	2,9	64,0	2,90	97,8
JE	2,8	51,8	3,89	95,3
CA	3,1	72,3	1,16	90,6
OV	3,8	78,3	1,32	94,0
		FCC		
NE	9,0	53,6	7,31	93,1
HO	21,0	47,0	5,67	92,7
JE	18,0	36,9	8,72	91,0
CA	20,9	70,0	0,79	98,1
OV	---	---	---	---

	FAL	CGO	CNA	FCC
FSO (%)	4,3	7,0	3,9	16,3
FIPD (%)	45,0	55,2	65,8	49,5
TD (%/h)	12,31	2,88	2,53	6,35
R <sup>2</sup> (%)	90,0	91,4	95,0	93,1

TABELA 52 Fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) e taxa de degradação (TD), para a fibra em detergente ácida dos volumosos, com seus respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>)

Na Tabela 52 verifica-se uma maior fração solúvel (FSO), entre os volumosos, para o feno de coast cross (FCC), atribuída a perda de partículas no processo de incubação e lavagem dos sacos. Maiores frações insolúveis potencialmente degradáveis podem ser observadas para os capins, enquanto que a taxa de degradação (TD) foi maior para o feno da alfafa (FAL). Segundo Jung e Deetz (1993), a maior taxa de degradação nas leguminosas, em relação às gramíneas, está em função da deposição localizada da lignina nas leguminosas.

Verificam-se na Tabela 53, maiores taxas de degradação (TD) para os animais das raças nelore (NE) e jersey (JE), seguindo as mesmas tendências relatadas para a fibra em detergente neutro.

TABELA 53 Fração solúvel (FSO), fração insolúvel potencialmente degradável (FIPD) e taxa de degradação (TD), para a fibra em detergente ácido nos diferentes grupos genéticos, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

	FSO (%)	FIPD (%)	TD (%/h)	$R^2$ (%)
NE	6,7	55,1	9,53	94,5
HO	8,0	64,9	3,79	93,2
JE	9,2	47,5	7,92	91,8
CA	7,6	50,8	4,42	89,8
OV	5,5	48,1	3,17	91,3

A fibra detergente ácido efetivamente degradada no rúmen nas taxas de passagens de 2 (DEFDA2), 5 (DEFDA5) e 8%/h (DEFDA8) para os volumosos avaliados pode ser visualizada nas Tabelas 54, 55 e 56.

Na Tabela 54, percebe-se que os valores de degradação para o feno de coast cross (FCC) são superiores ao feno de alfafa (FAL) sendo esses últimos, maiores aos dos capins. Houve uma redução na percentagem de degradação do nutriente com o aumento da taxa de passagem da digesta no rúmen para todos os volumosos, sendo essa maior para o capim napier (CNA).

TABELA 54 Médias dos valores de degradabilidade efetiva (%) para a fibra em detergente ácida, nas taxas de passagens de 2 (DEFDA2), 5 (DEFDA5) e 8%/h (DEFDA8) para os volumosos

	DEFDA2	DEFDA5	DEFDA8
FAL	37,7	30,2	25,8
CGO	30,4	21,6	17,7
CNA	33,6	21,7	16,7
FCC	46,2	37,7	33,5

Na Tabela 55, nota-se que o grupo dos bovinos apresentou valores médios de 45,6%, 36,9% e 31,8% para o feno de alfafa (FAL), de 37,7%, 25,8% e 20,7% para o capim gordura (CGO), de 39,6%, 26,5% e 20,6% para o capim napier (CNA) e de 48,1%, 40,2 % e 35,6% para o feno de coast cross (FCC), nas taxas de 2, 5 e 8%/h, respectivamente, bem próximos aos obtidos para a degradação da fibra em detergente neutro. Já para os pequenos ruminantes (CA e OV), os valores foram de 25,9%, 20,0% e 16,8% para o FAL, de 19,5%, 15,3% e 13,1% para o CGO, e de 24,6%, 14,5% e 11,0% para o CNA, nas mesmas taxas de passagens.

TABELA 55 Degradabilidade efetiva da fibra em detergente ácido (%) dos volumosos, nas taxas de passagens de 2 (DEFDA2), 5 (DEFDA5) e 8%/h (DEFDA8), avaliados nos diferentes grupos genéticos

		DEFDA2	DEFDA5	DEFDA8
FAL	NE	45,1	40,9	37,7
	HO	47,8	32,9	25,4
	JE	43,8	37,0	32,4
	CA	30,1	23,8	20,0
	OV	21,6	16,1	13,6
	NE/HO/JE	45,6	36,9	31,8
	CA/OV	25,9	20,0	16,8
CGO	NE	34,9	23,7	18,5
	HO	39,2	24,8	19,1
	JE	38,9	28,9	24,6
	CA	23,8	18,6	15,4
	OV	15,2	11,9	10,8
	NE/HO/JE	37,7	25,8	20,7
	CA/OV	19,5	15,3	13,1
CNA	NE	44,5	30,1	23,7
	HO	38,6	25,0	19,0
	JE	35,7	24,4	19,0
	CA	27,9	15,7	11,5
	OV	21,2	13,3	10,5
	NE/HO/JE	39,6	26,5	20,6
	CA/OV	24,6	14,5	11,0
FCC	NE	51,0	40,8	34,6
	HO	46,0	39,0	35,4
	JE	47,2	40,7	36,7
	CA	40,7	30,5	27,2
	NE/HO/JE	48,1	40,2	35,6
	CA/OV	---	---	---

Seguindo a mesma tendência notificada na DEFDN, como apresentado na Tabela 56, a degradação da FDA dos volumosos nos bovinos foi superior aos caprinos e ovinos. Segundo Van Soest (1994), a habilidade dos ruminantes em digerir a fibra aumenta com o tamanho do animal enquanto que as diversidades resultantes de diferentes taxas de digestão e de passagem tornam-se mais pronunciadas com dietas de baixa qualidade. Para os autores, a taxa de fermentação e o tempo de retenção da digesta no rúmen são os dois maiores fatores que determinam a eficiência digestiva de forragens em ruminantes.

TABELA 56 Médias dos valores de degradabilidade efetiva da fibra em detergente ácido (%), nas taxas de passagens de 2 (DEFDA2), 5 (DEFDA5) e 8%/h (DEFDA8) para os volumosos avaliados nos diferentes grupos genéticos

	DEFDA2	DEFDA5	DEFDA8
NE	43,9	33,9	28,6
HO	42,9	30,4	24,7
JE	41,4	32,8	28,2
CA	30,6	22,2	18,5
OV	19,3	13,8	11,6

Percebe-se também que, entre caprinos e ovinos, houve uma maior degradação da fibra em detergente ácido em caprinos. Segundo Al Jassim et al. (1991), caprinos digerem fibra mais eficientemente que ovinos o que Gihad, El-Beadawy e Mehrez, (1980) atribuem à maior taxa de fermentação, maior excreção de saliva e maior atividade das bactérias celulolíticas em caprinos com relação aos ovinos. Já Gallgher e Shelton (1972), ao contrário, não encontraram diferenças para a degradação da fibra entre as duas espécies.

Os valores obtidos para a degradabilidade da fibra em detergente ácido, para volumosos e grupos genéticos, estimada nos tempos de 12, 24 e 48 horas são apresentados nas Tabelas 57 e 58. Não houve interação, para a degradabilidade estimada da fibra em detergente ácido entre volumoso e grupo genético. Os volumosos e grupos diferiram quanto a degradação da fibra em detergente ácido nos tempos de 12, 24 e 48 horas.

Percebe-se (Tabela 57) que entre os volumosos, o feno de alfafa (FAL) foi o que apresentou a maior degradação, sendo que, entre os capins, os valores foram semelhantes.

TABELA 57 Médias<sup>1</sup> para a degradabilidade da fibra em detergente ácido dos volumosos (%) estimada nos diferentes tempos de incubação, com seus respectivos erros padrão (EP)

	12 h	EP	24 h	EP	48 h	EP
FAL	29,9 a	0,07	37,8 a	0,09	43,7 a	0,12
CGO	18,1 b	0,09	25,8 b	0,11	34,7 a	0,15
CNA	17,3 b	0,07	27,2 b	0,09	39,9 a	0,12
FCC	---	---	---	---	---	---

Médias seguidas por mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade; 1- Médias transformadas por  $\arcsen\sqrt{x}$

Nota-se (Tabela 58) que entre os tempos 12 e 24 horas, intervalo em que provavelmente se completou a degradação efetiva da fibra em detergente ácido, houve diferença quanto a degradação nos grupos. Verifica-se, confirmando o já mencionado, a superioridade dos animais da raça nelore na degradação da fibra em detergente ácido.

Estes dados confirmam aqueles obtidos na literatura quanto à superioridade dos bovinos em degradar dietas fibrosas. Apesar de não mensurada neste experimento, a superioridade dos bovinos na degradação da fibra provavelmente está relacionada à taxa de passagem, suprimentos endógenos no rúmen e taxa de fermentação. Quanto aos caprinos, teoricamente devido à baixa degradação da fibra em detergente ácido, pode-se esperar uma redução no consumo desses animais quando submetidos a dietas altamente fibrosas.

TABELA 58 Médias<sup>1</sup> para a degradabilidade da fibra em detergente ácido dos volumosos (%), nos diferentes tempos de incubação e grupos genéticos, com seus respectivos erros padrão (EP).

	12 h	EP	24 h	EP	48 h	EP
NE	31,7 a	0,08	42,0 a	0,10	51,2 a	0,14
HO	26,6 ab	0,08	38,3 ab	0,10	51,3 a	0,14
JE	31,7 a	0,09	40,6 ab	0,11	48,0 a	0,15
CA	19,8 b	0,17	26,9 b	0,23	34,8 a	0,31
OV	---	---	---	---	---	---

Médias seguidas por mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade; 1- Médias transformadas por  $\arcsen\sqrt{x}$

## **7 CONCLUSÕES**

Nas condições do presente experimento, pode-se concluir que:

- os volumosos avaliados diferiram quanto a degradação dos nutrientes analisados. Os fenos, de modo geral, foram mais efetivamente degradados que os capins;
- os grupos genéticos diferiram quanto a degradação dos nutrientes dos volumosos sendo os bovinos superiores aos ovinos e caprinos, principalmente para as gramíneas;
- os caprinos foram superiores na degradação das gramíneas para todos nutrientes avaliados em relação aos ovinos, sendo que os valores de degradação foram próximos entre caprinos e ovinos somente para o feno de alfafa;
- a utilização de valores de degradabilidade obtidos com caprinos e ovinos para a formulação de dietas para bovinos não parece apropriada.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKIN, D.E. Biological structure of lignocellulosis and its degradation in the rumen. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.21, n.3, p.295-310, 1988.
- AL JASSIM, R.A.M.; HASSAN, S.A.; AL-ANI, A.N. et al. Effects of undegradable protein supplementation on digestion and nitrogen balance in sheep and goats. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.5, p.57-63, July. 1991.
- AROEIRA, L.J.M.; LOPES, F.C.F.; DAYRELL, M. de S. Degradabilidade de alguns alimentos no rúmen de vacas Holandês/Zebu. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.25, n.6, p.1178-1186, nov./dez. 1996.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 15. ed. Washington, 1990. v.1, 684p.
- BHATIA, S.K.; PRADHAN, K.; SANGWAN, D.C. et al. Effect of fibrous diets on feeding pattern, digestibility and physiological reactions in cattle and buffalo. **Indian Journal of Animal Sciences**, New Delhi, v.64, n.11, p.1259-1263, Nov. 1994.
- BEAVER, E.E.; WILLIAMS, J.E.; MILLER, S.J. Influence of breed and diet on growth, nutrient digestibility, body composition and plasma hormones of Brangus and Angus steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.67, n.9, p.2415-2425, Sept. 1989.
- BOEVER, J.L.de; COTTYN, B.G.; BOUCQUE, Ch. V. et al. Comparative digestibility by sheep and cows and consequences on energy value. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.64, p.175-176, Sept. 1984. Supplement 1.

- BOURQUIM, L.D.; GARLED, K.A.; MERCHEN, N.R. et al.** Effects of intake and forage level on site and extend of digestion of plant cell wall monomers components by sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.68, n.8, p.2479-2495, Aug. 1990.
- BROWN, L.E.; JOHNSON, W.L.** Intake and digestibility of wheat straw diets by goats and sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.60, n.5, p.1318-1323, May 1985.
- EUCLYDES, R.F.** Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas). Viçosa : UFV, 1997. 150p.
- FLACHOWSKY, G.; TIROKE, K.** Influence of type of feeding and rumen incubation time on in sacco dry matter degradability of ryegrass, straw and concentrate in sheep and goats. **Small Ruminant Research**, v.9, n.4, p.321-330, 1993. CD-ROM, CAB ABSTRACTS, 1993.
- GALLAGHER, J.R.; SHELTON, M.** Efficiency of conversion of feed to fiber of Angora goats and Rambouillet sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.34, n.4, p.319 - 321, 1972.
- GALYEAN, M.L; GOETSCH, A.L.** Utilization of forage fiber by ruminants. In: **JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D. et al.** Forage cell wall structure and digestibility. Madison: American Society of Agronomy, 1993. Cap. 2, p.33 - 71.
- GIHAD, E.A.** Intake, digestibility and nitrogen utilization of tropical natural grass hay by goats and sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.43, n.4, p.879-883, Oct. 1976.
- GIHAD, E.A.; EL-BEDAWY, T.M.; MEHREZ, A.Z.** Fiber digestibility by goats and sheep. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.63, n.10, p.1701-1706, Oct. 1980.
- HOFMANN, R.R.** Anatomy of the gastrointestinal tract. In: **CHURCH, D.C.** The animal ruminant: digestive physiology and nutrition, New Jersey: Prentice Hall, 1988. p.14-43.

- HUNGATE, R.E.; PHILLIPS, G.D.; HUNGATE, D.P. et al. A comparison of the rumen fermentation in European and zebu cattle. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v.54, n.2, p.196-201, Apr. 1960.
- HUNTER, R.A.; SIEBERT, B.D. Utilization of low-quality roughage by *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *British Journal of Nutrition, London*, v.53, n.3, p.637-648, May 1985.
- HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The in situ technique for studying the rumen degradation of feeds: A review of the procedure. *Nutrition Abstracts and Reviews, Series B, London*, v.65, n.2, p.63-90, Feb. 1995.
- ILLIUS, B.W. Physiological adaptation in saanna ungulates. *Proceedings of the Nutrition Society, University Press : Cambridge*, v.56, n.3, p.1041-1048, Nov. 1997.
- JUNG, H.G.; DEETZ, D.A.. Cell wall lignification and degradability. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D. et al. *Forage cell wall structure and digestibility*. Madison: American Society of Agronomy, 1993. Cap. 13, p.315-346.
- KENNEDY, P.M.; McSWEENEY, C.S.; WELCH, J.G. Influence of dietary particle size on intake, digestion, and passage rate of digest in goats and sheep fed wheaten (*Triticum aestivum*) hay. *Small Ruminant Research, Amsterdam*, v.9, n.2, p.125-138, 1992.
- LARBI, A.; FIANU, F.K.; AKUDE, F.K. Voluntary intake and digestibility by sheep and goats of whole-plant, leaf and stem fractions of *Pennisetum purpureum*, Schum. *Small Ruminant Research, Amsterdam*, v.6, n.3, p.217 - 221, Jan. 1991.
- MALAFAIA, P.A.M.; FILHO, S.C.V.; SILVA, J.F.C.da; PEREIRA, J.C.; VIEIRA, R.A.M. Degradabilidade potencial de alguns volumosos estimada in situ e in vitro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. *Anais... Fortaleza : SBZ*, 1996. p.312-314.
- McALLISTER, T.A.; BAE, H.D.; JONES, G.A.; CHENG, K.J. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. *Journal Animal Science, Champaign*, v.72, n. 11, p. 3004 - 3018, Nov. 1994.

- MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R.** A study of the artificial fibre bag technique for determination the digestibility of feeds in the rumen *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v.88, n.1, p.645, Mar. 1977.
- MERCHEN, N.R.; BOURQUIN, L.D.** Processes of digestion and factors influencing digestion of forage-based diets by ruminants. In: **FAHEY Jr., G.C.** Forage quality, evaluation, and utilization. Madison: American Society of Agronomy, 1993. Cap. 14, p.564-612.
- MERTENS, D.R.** Rate and extent of digestion. In: **FORBES, J.M.; FRANCE, J.** Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism, Cambridge: University Press, 1993. Cap. 2, p.13-51.
- MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R.** The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. *Journal of Dairy Science, Champaign*, v.63, n.10, p.1701-1176, Oct. 1980.
- MICHALET-DOREAU, B.; CERNEAU, P.** Influence of foodstuff particle size on in situ degradation of nitrogen in the rumen. *Animal Feed Science and Technology, Amsterdam*, v.35, n.½, p.69-81, 1991.
- MORRISON, I.M.** Symposium on carbohydrate metabolism in the ruminant. *Proceedings Nutrition Society, Cambridge: University Press*, v.38, n.3, Dec. 1979.
- NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNER, M.H.** *Linear statistical models: regression, analysis of variance, and experimental design*. 2. ed. USA : Richard D. Irwin, 1985. 1125p.
- NOCEK, J.E.** In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal of Dairy Science, Champaign*, v.71, n.8, p.2051-2069, Aug. 1988.
- O'REAGAIN, P.J.; OWEN-SMITH, R.N.** Effect of species composition and sward structure on dietary quality in cattle and sheep grazing South African sourveld. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v.127, n.2, p.261-270, Sept. 1996.

- ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v.92, n.1, p.499-503, Mar. 1979.
- PRADHAN, K. Feeding value of poor quality feeds in cattle and buffalo. Tsukuba - Japan. *International symposium of Tropical Agricultural Research-Series*, 25, n.25, p.35-45, 1992. CD-ROM CAB ABSTRACTS, 1991 - 1992.
- PRASAD, D.; PRADHAN, K. Relative feed intake and nutrient digestibility in cattle, buffaloes and sheep due to various levels of concentrate in straw-based diets. *Indian Journal of Animal Sciences*, New Delhi, v.60, n.4, p.460-466, Apr. 1990.
- PLAYNE, M.J.; KHUMNALTHONG, W.; ECHEVARRIA, M.G. Factors affecting the digestion of esophageal fistula samples and hay in nylon bags in the rumen of cattle. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v.90, p.193-204, 1978.
- PRIGGE, E.C.; BAKER, M.J.; VARGA, G.A. Comparative digestion, rumen fermentation and kinetics of forage diets by steers and weathers. *Journal of Animal Science, Champaign*, v.59, n.1, p.237-245, July 1984.
- RAMANZIN, M.; BAILONI, L.; SCHIAVON, S. Effect of forage to concentrate ratio on comparative digestion in sheep, goats and fallow deer. *Animal Science, Champaign*, v.64, p.167-170, 1997.
- RANILLA, M.J.; CARRO, M.D.; VALDES, C.; GIRALDEZ, F.J.; LOPEZ, S. A comparative study of ruminal activity in Churra and Merino sheep offered alfalfa hay. *Animal Science, Champaign*, v.65, p.121-128. 1997.
- REES, M.C.; LITTLE, D.A. Differences between sheep and cattle in digestibility, voluntary intake and retention time in the rumen of three tropical grasses. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v.94, n.2, p.483-485, Apr. 1980.
- ROBINSON, P.H. Dynamic aspects of feeding management for dairy cows. *Journal of Dairy Science, Champaign*, v.72, n.5, p.1197-1209, May 1989.

- RODRIGUEZ, L.R.R.; FONTES, C.A. de A.; JORGE, A.M. et al.** Digestibilidade de rações contendo quatro níveis de concentrado, em bovinos (Taurinos e Zebuínos) e Bubalinos. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.26, n.4, p.844-851, jul./ago. 1997.
- SANTRA, A.; MISHRA, A.S.; CHATURVEDI, O.H. et al.** Comparative rumen fermentation characteristics in sheep and goats at maintenance level of feeding. *Indian Journal of Animal Sciences*, New Delhi, v.67, n.7, p.625-627, July 1997.
- STAPLES, C.R.; FERNANDO, R.L.; FAHEY Jr., G.C. et al.** Effects of intake of a mixed diet by dairy steers on digestion events. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.67, n. 5, p.995-1006, May 1984.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE.** SAS user's guide. Statistical edition. Cary: SAS Institute, 1991. 754p.
- TAMMINGA, S.** Influence of feeding management on ruminant fiber digestibility. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D. et al. *Forage cell wall structure and digestibility*, Madison: American Society of Agronomy, 1993. Cap. 22, p.571-602.
- VALADARES FILHO, S. de C.; SILVA, J.F.C. da; LEÃO, M.I. et al.** Digestão total e parcial da matéria seca, matéria orgânica e carboidratos em novilhos Holandeses, Nelores e Búfalos mestiços. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.19, n.5, p.416-423, 1990.
- VALADARES FILHO, S. de C.; SILVA, J.F.C. da; LEÃO, M.I.; et al.** Estudo comparativo da digestão de matéria seca e carboidratos em bovinos e bubalinos alimentados com diferentes rações. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.16, n.2, p.120-130, 1987.
- VAN SOEST, P.J.** *Nutritional ecology of the ruminant* 2. ed. Ithaca: Cornell Press, Constock Publish, 1994. 476 p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A.** Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.74, n.10, p.3583-3597, Oct. 1991.

VARGA, G.A.; KOLVER, E.S. Microbial and animal limitations to fiber digestion and utilization. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.127, n. 5S, p. 819-823, May 1997.

WELCH, J.G. Rumination, particle size and passage from the rumen.. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.54, n.4, p.885-894, Apr. 1982.

ZANETTI, M.A.; NOGUEIRA FILHO, J.C.M.; OLIVEIRA, M.E.M. et al. Níveis de amônia ruminal em bovinos da raça Nelore e em búfalos da raça Mediterrâneo In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32, 1995, Brasília. Anais... Brasília : SBZ, 1995. p.351-352.

## ANEXOS

TABELA 1A Análise de variância para a degradabilidade da matéria seca, de alimentos volumosos e concentrados, estimada nos tempos 6, 12 e 24h, através das técnicas *in vitro* nos diferentes grupos genéticos, com os respectivos coeficientes de variação (CV) e níveis de significância (NS).....

TABELA 2A Análise de variância para a degradabilidade da matéria seca de alimentos concentrados (C) estimada nos tempos 6, 12 e 24h, através das técnicas *in situ* nos diferentes grupos genéticos (GG), com os respectivos coeficientes de variação (CV) e níveis de significância (NS).....

TABELA 3A Análise de variância para a degradabilidade da proteína bruta de alimentos concentrados (C) estimada nos tempos 6, 12 e 24h, através das técnicas *in situ* nos diferentes grupos genéticos (GG), com os respectivos coeficientes de variação (CV) e níveis de significância (NS).....

TABELA 4A Análise de variância para a degradabilidade da matéria seca de alimentos volumosos (V) estimada nos tempos 6, 12 e 24h, através das técnicas *in situ* nos diferentes grupos genéticos (GG), com os respectivos coeficientes de variação (CV) e níveis de significância (NS).....

TABELA 5A Análise de variância para a degradabilidade da proteína bruta de alimentos volumosos (V) estimada nos tempos 6, 12 e 24h, através das técnicas *in situ* nos diferentes grupos genéticos (GG), com os respectivos coeficientes de variação (CV) e níveis de significância (NS).....

**TABELA 6A** Análise de variância para a degradabilidade da fibra em detergente neutro de alimentos volumosos (V) estimada nos tempos 12, 24 e 48h, através das técnicas *in situ* nos diferentes grupos genéticos (GG), com os respectivos coeficientes de variação (CV) e níveis de significância (NS)..... 1

**TABELA 7A** Análise de variância para a degradabilidade da fibra em detergente ácido de alimentos volumosos (V) estimada nos tempos 12, 24 e 48h, através das técnicas *in situ* nos diferentes grupos genéticos (GG), com os respectivos coeficientes de variação (CV) e níveis de significância (NS)..... 1

TABELA IA Análise de variância para a degradabilidade da matéria seca, de alimentos volumosos e concentrados (A), estimada nos tempos, através das técnicas *in situ* e *in vitro* (T) nos diferentes grupos genéticos (GG), com os respectivos coeficientes de variação (CV) e níveis de significância (NS)

Fontes de	GL	6h			12h			24h
		QM	NS	QM	NS	QM	NS	
A	8	9851,4	*	10882,1	*	11222,2	*	
T	1	3267,1	*	5591,6	*	6288,3	*	
GG	4	48,0	*	177,8	*	357,2	*	
A x T	8	2408,7	*	2521,3	*	2436,8	*	
A x GG	32	29,5	*	52,2	*	84,9	*	
GG x T	4	207,9	*	420,2	*	658,4	*	
A x T x GG	32	11,1	*	17,4	*	35,11	*	
Erro	450	7,15		8,72		15,18		
CV		7,22		6,63		7,17		

\*Significativo a 1% de probabilidade

Fontes de		variação			*Significativo à 1% de probabilidade		
GL	6h	12h	24h	NS	QM	NS	NS
C	4	6117,2	* 6763,8	* 6742,4	*	*	*
GG	4	109,7	* 166,4	* 149,2	*	*	*
C x GG	16	67,97	* 89,9	* 96,6	*	*	*
Erro	125	14,86	16,7	19,7			
CV		6,83	6,16	5,85			

TABELA 3A Análise de variância para a degradabilidade da proteína bruta de alimentos concentrados (C) estimada nos tempos, através da técnica *in situ* nos grupos genéticos (GG), com os respectivos coeficientes de variação (CV) e níveis de significância (NS)

Fontes de		variação			*Significativo à 1% de probabilidade		
GL	6h	12h	24h	NS	QM	NS	NS
C	4	10788,4	* 12783,7	* 15429,2	*	*	*
GG	4	87,8	* 161,0	* 160,0	*	*	*
C x GG	16	40,9	* 55,7	* 41,8	*	*	*
Erro	125	5,89	8,13	11,37			
CV		5,31	5,24	5,28			

TABELA 2A Análise de variância para a degradabilidade da matéria seca de alimentos concentrados (C) estimada nos tempos, através da técnica *in situ* nos grupos genéticos (GG), com os respectivos coeficientes de variação (CV) e níveis de significância (NS)

TABELA 4A Análise de variância para a degradabilidade da matéria seca de alimentos volumosos (V) estimada nos tempos, através da técnica *in situ* nos grupos genéticos (GG), com os respectivos coeficientes de variação (CV) e níveis de significância (NS)

Fontes de variação	GL	6h		12h		24h	
		QM	NS	QM	NS	QM	NS
V	3	1870,4	*	2643,9	*	2978,6	*
GG	4	142,98	*	488,9	*	1144,9	*
V x GG	12	3,05	ns	2,76	ns	7,20	ns
Erro	100	5,62		11,1		24,3	
CV		7,45		11,1		9,83	

\*Significativo à 1% de probabilidade; ns - não significativo

TABELA 5A Análise de variância para a degradabilidade da proteína bruta de alimentos volumosos (V) estimada nos tempos, através da técnica *in situ* nos grupos genéticos (GG), com os respectivos coeficientes de variação (CV) e níveis de significância (NS)

Fontes de variação	GL	6h		12h		24h	
		QM	NS	QM	NS	QM	NS
V	3	688,1	*	1580,5	*	2987,6	*
GG	4	81,2	*	191,3	*	417,6	*
V x GG	12	38,2	ns	45,7	ns	38,9	ns
Erro	100	33,9		34,5		36,7	
CV		13,4		11,6		10,1	

\*Significativo à 1% de probabilidade; ns - não significativo

**TABELA 6A** Análise de variância para a degradabilidade da fibra em detergente neutro de alimentos volumosos (V) estimada nos tempos, através da técnica *in situ* nos grupos genéticos (GG), com os respectivos coeficientes de variação (CV) e níveis de significância (NS)

Fontes de variação	GL	12h		24h		48h	
		QM <sup>1</sup>	NS	QM <sup>1</sup>	NS	QM <sup>1</sup>	NS
V	3	0,0586	*	0,06155	*	0,0461	*
GG	4	0,1308	*	0,22758	*	0,3279	*
V x GG	12	0,0013	ns	0,00163	ns	0,0050	ns
Erro	100						
CV		11,96		10,61		8,82	

1 Dados transformados por  $\arcsen\sqrt{x}$ ; ns - não significativo

**TABELA 7A** Análise de variância para a degradabilidade da fibra em detergente ácido de alimentos volumosos (V) estimada nos tempos, através da técnica *in situ* nos grupos genéticos (GG), com os respectivos coeficientes de variação (CV) e níveis de significância (NS)

Fontes de variação	GL	12h		24h		48h	
		QM <sup>1</sup>	NS	QM <sup>1</sup>	NS	QM <sup>1</sup>	NS
V	3	0,0941	*	0,0651	*	0,0271	ns
GG	4	0,0781	*	0,1179	*	0,1565	*
V x GG	12	0,0058	ns	0,0025	ns	0,0054	ns
Erro	100	0,0093		0,0123		0,0165	
CV		18,5		17,92		18,06	

1 Dados transformados por  $\arcsen\sqrt{x}$   
ns - não significativo