

SILAS PRIMOLA GOMES

**TAMANHO DE PARTÍCULA DO VOLUMOSO E FREQUÊNCIA
DE ALIMENTAÇÃO SOBRE ASPECTOS NUTRICIONAIS E DO
METABOLISMO ENERGÉTICO EM OVINOS**

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

Área de concentração: Nutrição Animal

Orientadora: Ana Luiza Costa Cruz Borges

Belo Horizonte
Escola de Veterinária da UFMG
2008

G633t Gomes, Silas Primola, 1975-

Tamanho de partícula do volume e frequência de alimentação sobre aspectos nutricionais e do metabolismo energético em ovinos / Silas Primola Gomes. – 2008.

83 p. : il.

Orientadora: Ana Luiza Costa Cruz Borges

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

Inclui bibliografia

1. Ovino – Alimentação e rações – Teses. 2. Dieta em veterinária – Teses. 3. Fibras na nutrição animal – Teses. 4. Nutrição animal – Teses. 5. Digestibilidade – Teses. I. Borges, Ana Luiza Costa Cruz. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 636.308 5

Tese defendida e aprovada em 16 de maio de 2008

pela comissão examinadora constituída por:

Prof^a Ana Luiza Costa Cruz Borges
(Orientadora)

Dr. Fernando César Ferraz Lopes

Prof^a. Maria Ignez Leão

Prof. Norberto Mario Rodriguez

Prof. Iran Borges

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais João e Nair, aos meus irmãos Thales e Thais e aos meus queridos sobrinhos Bernardo, João Pedro e Maria Rita. Vocês foram a fonte de inspiração para esta conquista, motivo do meu viver.

Agradecimentos

À Deus pela vida e pelos sonhos realizados.

À Escola de Veterinária da UFMG pela oportunidade.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo.

À Vaccinar® pelo apoio à pesquisa concedendo o sal mineralizado.

À Itambé® pelo apoio à pesquisa concedendo o concentrado base do experimento.

À Schering-Plough® pelo apoio à pesquisa concedendo os medicamentos necessários.

À Prof. Ana Luiza pela orientação, exemplo profissional e amizade.

Ao Prof. Iran Borges pela orientação e companheirismo.

Ao Prof. Norberto Rodriguez pela imensa ajuda para a realização do experimento.

Ao Dr. Warley Efrem Campos pela ajuda no ensaio de respirometria e no “in situ”.

Aos Prof. Último e Sandra Gesteira pelos ensinamentos e exemplos profissionais.

À Prof. Maria Ignez Leão e ao Dr. Fernando Cesar Ferraz Lopes pela presteza e colaboração na elaboração da Tese.

Aos professores de Patologia Clínica, Paulo Ricardo e Fabíola, que contribuíram para a realização das análises laboratoriais.

Ao Departamento de Zootecnia da UFLA, em especial ao Prof. Marcos Neves Pereira, por ter permitido o uso das dependências do Laboratório de Nutrição para a realização da avaliação do tamanho de partícula do volumoso.

Aos colegas Gilberto de Lima Macedo Júnior e André Guimarães Maciel e Silva pela ajuda imprescindível em todas as fases do experimento.

À Maria Izabel, Jú Cordeiro e aos estagiários Túlio, Carlos Pancoti, Helena, Jú Lamim, Bianca, Fernandinha e Fernanda Vigorito pela ajuda durante o experimento

Aos amigos Ricardo Reis, Mariana Campos e Carlos Pancoti pela paciência, companheirismo, pela ajuda incondicional em todas as etapas do meu doutorado.

Aos amigos Gilberto, Túlio, Guilherme, Paula, Maria Paula, Janaína, Jú Cordeiro, Daniel e Kélvia pelo companheirismo e momentos felizes.

Aos meus familiares, em especial Tia Terezinha e Madrinha Margarida pelo apoio nesta caminhada.

À Yuri, pela paciência, confiança, amor e dedicação. Você se tornou parte do que sou e luz em minha vida.

Aos animais que doaram suas vidas incondicionalmente, peço meu perdão.

SUMÁRIO

<i>Introdução geral</i>	12
<i>Capítulo 1 - Revisão de literatura</i>	16
1.1- Comportamento ingestivo dos ruminantes	17
1.2- Propriedades da fibra	19
1.3- Conceitos de efetividade	21
1.4- Determinação da efetividade da fibra	23
1.4.1- Teor de gordura do leite (GL)	24
1.4.2- pH ruminal	24
1.4.3- Atividade mastigatória	25
1.4.4- Análises laboratoriais	25
1.5- Efetividade de fontes de fibra não forrageira (FFNF)	27
1.6- Influência da efetividade da fibra sobre a saúde animal	28
1.7- Influência da efetividade da fibra na produção animal	29
1.8- Teores adequados de fibra na dieta de pequenos ruminantes	31
1.8.1- Exigências de caprinos e ovinos	32
1.9- Influência da frequência de alimentação na nutrição de ruminantes	32
1.9.1- Efeito sobre o consumo de matéria seca, a digestibilidade aparente e o desempenho animal	33
1.9.2- Efeito sobre os parâmetros ruminais	33
1.9.3- Efeito sobre a taxa de passagem	34
1.10- Referências Bibliográficas	35
<i>Capítulo 2 - Influência do tamanho de partícula do volumoso e da frequência de alimentação sobre o consumo, a digestibilidade aparente e o comportamento ingestivo em ovinos</i>	38
2.1- Introdução	39
2.2- Material e Métodos	39
2.3- Resultados e Discussão	42
2.4- Conclusões	49
2.5- Referências Bibliográficas	49
<i>Capítulo 3 - Influência do tamanho de partícula do volumoso e da frequência de alimentação sobre a taxa de passagem de sólidos, os parâmetros de fermentação ruminal e metabólicos em ovinos</i>	51

3.1- Introdução.....	51
3.2- Material e Métodos.....	53
3.3- Resultados e Discussão.....	56
3.4- Conclusões.....	61
3.5- Referências Bibliográficas	62
<i>Capítulo 4 - Avaliação da degradabilidade in situ da matéria seca e da fibra em detergente neutro de volumoso com diferentes tamanhos de partícula em ovinos com ou sem suplementação de concentrado.....</i>	
4.1- Introdução.....	64
4.2- Material e Métodos.....	65
4.3- Resultados e Discussão.....	67
4.4- Conclusões.....	72
4.5- Referências Bibliográficas	72
<i>Capítulo 5 - Influência do tamanho de partícula do volumoso e da frequência de alimentação sobre o balanço de nitrogênio, o metabolismo energético e a estimativa do valor energético da dieta em ovinos</i>	
5.1- Introdução.....	74
5.2- Material e Métodos.....	75
5.3- Resultados e Discussão.....	78
5.4- Conclusões.....	82
5.5- Referências Bibliográficas	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teores de fibra em detergente neutro efetiva (FDNe) de alguns alimentos rotineiramente utilizados na alimentação de ruminantes.....	22
Tabela 2. Fator de efetividade física (fef) padrão de alguns alimentos para ruminantes	23
Tabela 3. Estimativa da fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe) utilizando análise química e física.....	26
Tabela 4. Recomendações de concentrações ótimas de fibra em detergente neutro (FDN%) e carboidratos não fibrosos (CNF ¹ %) na MS da dieta de ovelhas ² em diferentes níveis de produção	32
Tabela 5. Composição bromatológica do feno (FEN), do concentrado (CONC) e da dieta utilizada	40
Tabela 6. Perfil de distribuição (%) da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) das partículas dos tratamentos	41
Tabela 7. Médias e coeficientes de variação (CV) do consumo de matéria seca (CMS), de matéria orgânica (CMO), de proteína bruta (CPB), de extrato etéreo (CEE), de carboidratos	43
Tabela 8. Médias e coeficientes de variação (CV) da digestibilidade aparente (%) da matéria seca (DAMS), da matéria orgânica (DAMO), da proteína bruta (DAPB), do extrato etéreo (DAEE), dos carboidratos não-fibrosos (DACNF), da fibra em detergente neutro (DAFDN), da fibra em detergente ácido (DAFDA) e o teor de nutrientes digestíveis totais (NDT, %) nos diferentes tratamentos	44
Tabela 9. Efeito de diferentes tamanhos de partícula do volumoso e da frequência de alimentação no comportamento ingestivo (minutos/dia) em ovinos	47
Tabela 10. Relação entre o tempo ruminando (RUM., min/dia), ingerindo (ING., min/dia) e de atividade mastigatória total (MAST., min./dia) com o consumo de fibra em detergente neutro (CFDN, kg/dia) de diferentes tamanhos de partícula do volumoso em ovinos recebendo a dieta em duas frequências de alimentação.....	48
Tabela 11. Composição bromatológica do feno (FEN), do concentrado (CONC) e da dieta utilizada	53
Tabela 12. Perfil de distribuição (%) da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) das partículas dos tratamentos	54
Tabela 13. Taxas de passagem ruminal de sólidos em ovinos recebendo dietas com diferentes tamanhos de partícula do volumoso e submetidos a dois manejos alimentares	56
Tabela 14. pH ruminal em ovinos recebendo dietas com diferentes tamanhos de partícula do volumoso e submetidos a dois manejos alimentares	58
Tabela 15. Efeito de diferentes tamanhos de partícula do volumoso e da frequência de alimentação no perfil sanguíneo de glicose (mg/dL) e de uréia (mg/dL) em ovinos, nos diferentes tempos de coleta.....	61
Tabela 16. Composição bromatológica do feno (FEN), do concentrado (CONC) e da dieta utilizada	66

Tabela 17. Parâmetros de degradação ruminal <i>in situ</i> da matéria seca (MS) do feno de capim Tifton-85 com diferentes tamanhos de partícula do volumoso em ovinos recebendo dieta sem concentrado (C0) ou com concentrado (C75)	67
Tabela 18. Parâmetros de degradação ruminal <i>in situ</i> da fibra em detergente neutro (FDN) do feno de capim Tifton-85 com diferentes tamanhos de partícula do volumoso em ovinos recebendo dieta sem concentrado (C0) ou com concentrado (C75)	69
Tabela 19. Desaparecimento médio (%) da matéria seca (MS) do feno de capim Tifton-85 com diferentes tamanhos de partícula do volumoso em ovinos recebendo dieta sem concentrado (C0) ou com concentrado (C75) no tempo zero e em diferentes tempos após a incubação ruminal <i>in situ</i>	70
Tabela 20. Desaparecimento médio (%) da fibra em detergente neutro (FDN) do feno de capim Tifton-85 com diferentes tamanhos de partícula do volumoso em ovinos recebendo dieta sem concentrado (C0) ou com concentrado (C75) no tempo zero e em diferentes tempos após a incubação ruminal <i>in situ</i>	71
Tabela 21. Composição bromatológica do feno (FEN), do concentrado (CONC) e da dieta utilizada	76
Tabela 22. Perfil de distribuição (%) da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) das partículas dos tratamentos	77
Tabela 23. Médias e coeficientes de variação (CV) do balanço de nitrogênio (N) nos diferentes tratamentos	78
Tabela 24. Médias e coeficientes de variação (CV) dos parâmetros da calorimetria e da respirometria nos diferentes tratamentos.....	80
Tabela 25. Médias e coeficientes de variação (CV) do metabolismo energético nos diferentes tratamentos	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Classificação de caprinos e ovinos com base em suas preferências alimentares e grau de seletividade. Fonte: Van Soest (1994) – Adaptado por Leão et al. (2005).....	18
Figura 2. Fracionamento dos carboidratos através de análises químicas (Fonte: Adaptado de Mertens, 2002).....	20
Figura 3. Relação entre a fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro efetiva (FDNe) e fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe). (Fonte: Adaptado de Mertens, 2002).....	23
Figura 4. Avaliação do escore fecal em ovinos recebendo diferentes tamanhos de partícula do volumoso e alimentados em duas frequências de alimentação.....	49
Figura 5. Variação do pH ruminal em ovinos alimentados em duas frequências de alimentação, em função da hora de coleta	59
Figura 6. Nitrogênio amoniacal (N-NH ₃ , mg/dL) em ovinos recebendo diferentes tamanhos de partícula do volumoso e alimentados em duas frequências de alimentação.....	60
Figura 7. Variação do nitrogênio amoniacal (N-NH ₃ , mg/dL) em ovinos recebendo diferentes tamanhos de partícula do volumoso e alimentados em duas frequências de alimentação, em função da hora de coleta (setas	60

RESUMO

Realizou-se a avaliação do tamanho e partícula do volumoso e da frequência de alimentação sobre os aspectos nutricionais e do metabolismo energético em ovinos através de quatro experimentos:

Experimento 1 – Avaliou-se o efeito de quatro tamanhos de partícula do volumoso (2, 5, 10 e 25 mm) e de dois manejos alimentares (duas ou quatro refeições) sobre o consumo (C), a digestibilidade aparente (DA) e o comportamento ingestivo. Utilizaram-se 24 carneiros com peso vivo médio de 37,0 kg, alimentados com uma relação volumoso:concentrado (V:C) 25:75% (%MS). Foi utilizado o feno de Tifton-85 (*Cynodon* spp.) como volumoso e um concentrado comercial. Adotou-se esquema fatorial 2x4 em delineamento inteiramente ao acaso. Os tratamentos não afetaram as variáveis referentes ao consumo e à DA ($P>0,05$). O consumo médio de matéria seca (CMS) foi de 97,43 g/dia/UTM e a DAMS média observada foi de 66,12%. O consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) foi de 47,22 g/dia/UTM. O menor tamanho de partícula (2 mm) apresentou os menores tempos gastos (minutos/dia) com a ruminação (214,58) e com a atividade mastigatória total (360,41) ($P<0,05$). Os animais gastaram 423,48 min/dia/kg de CFDN ruminando e 676,19 min/dia/kg de CFDN com atividade mastigatória total. Os tempos gastos com a ruminação e com a atividade mastigatória total em ovinos são diminuídos com a redução do tamanho de partícula do volumoso. O tamanho de partícula do volumoso e a frequência de fornecimento da dieta não afetam o C e a DA dos nutrientes em ovinos.

Experimento 2 – Oito ovinos com peso vivo (PV) médio de 52,5 kg, foram avaliados em esquema fatorial 2x4, sendo duas frequências de alimentação (duas ou quatro refeições diárias) e quatro tamanhos de partícula do feno (2, 5, 10 e 25 mm), em um delineamento em blocos ao acaso. Foi empregado o feno de Tifton-85 (*Cynodon* spp.) como volumoso e um concentrado comercial utilizando-se relação volumoso:concentrado (V:C) de 25:75%. A taxa de passagem ruminal foi em média 2,37%/h. O tempo médio de retenção no retículo-rúmen foi 86,86h e o tempo médio de retenção no trato gastrointestinal foi 90,52h. Animais recebendo o menor tamanho de partícula do volumoso (2 mm) apresentaram o menor valor de pH ruminal (6,13) ($P<0,05$), sendo observado um pH médio de 6,25 para os animais recebendo os demais tamanhos de partícula. O fornecimento da dieta quatro vezes ao dia (F4) levou ao menor valor de pH ruminal (6,17) ($P<0,05$), em comparação à frequência de alimentação duas vezes ao dia (pH 6,26). Nas condições do presente estudo, o tamanho de partícula do volumoso a 2 mm e o fornecimento da dieta quatro vezes ao dia reduzem o pH ruminal.

Experimento 3 – Objetivou-se avaliar a degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) do feno de Tifton-85 com diferentes tamanhos de partícula (2 mm; 5 mm; 10 mm e 25 mm) em ovinos com ou sem suplementação de concentrado (0 ou 75% de concentrado). Os tempos de incubação foram 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas. Foi adotado um esquema fatorial 2x4, sendo duas dietas (com e sem concentrado) e quatro tamanhos de partícula do feno em um delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, sendo cada ovino um bloco. Observaram-se valores superiores de fração solúvel (a) e de degradabilidade efetiva (DE) da MS e da FDN para o menor tamanho de partícula (2 mm) em ambas as dietas oferecidas. O menor tamanho de partícula (2 mm) apresentou valor médio de desaparecimento *in situ* da MS (41,62%) superior aos valores obtidos nos demais tamanhos ($P<0,05$). O tamanho de partícula do volumoso e a dieta utilizada influenciam os parâmetros de degradação e a taxa de desaparecimento ruminal da MS e da FDN, sendo importante a padronização dessas variáveis nos ensaios *in situ* em ovinos.

Experimento 4 – Oito carneiros com peso vivo médio de 52,5 kg foram avaliados em esquema fatorial 2x4, sendo duas frequências de alimentação e quatro tamanhos de partícula do feno, em delineamento em blocos ao acaso. Foi utilizado o feno de Tifton-85 (*Cynodon* spp.) como volumoso e concentrado comercial utilizando-se relação volumoso:concentrado (V:C) de 25:75%. O trabalho de calorimetria e respirometria foi conduzido em câmara respirométrica individual do tipo circuito aberto para pequenos ruminantes. Foram determinados os teores de oxigênio (O₂), gás carbônico (CO₂) e metano (CH₄). Na urina foi determinado o teor de nitrogênio (NUR). A partir destes parâmetros foi determinada a produção de calor (PC). O nitrogênio (N) retido foi de 0,63 g/dia/UTM, representando 36,0% do N ingerido (g/dia) e 46,84% do N absorvido (g/dia). A produção média de CH₄ foi de 1,45 L/UTM/dia. A PC foi cerca de 40,0% da energia bruta ingerida (EBI). As perdas de energia pelo CH₄ representaram 4,88% da energia bruta (EB) e 5,94% da energia digestível (ED). A energia metabolizável (EM) foi 73,24% da EBI e a energia líquida (EL) apresentou valor médio de 1.807,35 kcal/dia. Os tratamentos não afetaram o balanço de nitrogênio e o metabolismo energético em ovinos.

Palavras-chave: atividade mastigatória, calorimetria, fibra em detergente neutro, fibra fisicamente efetiva, pH ruminal, ruminação.

ABSTRACT

The effect of particle size of the forage and frequency of feed on the nutrition and energy metabolism of sheep were evaluated through four experiments:

Experiment 1 – Intake (I), apparent digestibility (AD) and ingestive behavior were studied in sheep fed in two daily frequencies and four particle size of forage. Twenty-four sheep with live weight (LW) of 37.0 kg were studied in completely randomized design in factorial 2x4 scheme. Tifton-85 hay and a commercial concentrate were used with a ratio of 25:75%, respectively. The responses of intake and AD were not modified with treatments ($P>0.05$). Dry matter intake (DMI) was 97.43 g/day/kgW^{0.75} and DMDA was 66.12%. The intake of neutral detergent fiber (NDFI) was 47.2 g/day/kgW^{0.75}. Smaller particle size (2 mm) had smaller times of rumination (214.58 minutes/day) and chewing activity (360.41 minutes/day) ($P<0.05$). Animals spent 423.48 minutes/day/kg of NDFI in rumination and 676.19 minutes/day/kg of NDFI in chewing activity. The times spent with rumination and the total chewing activity in sheep are lowered with reducing the particle size of the forage. The particle size of the forage and frequency of feed did not affect the I and AD in sheep.

Experiment 2 – Eight sheep with live weight (LW) of 52.5 kg were studied in completely randomized blocks design in factorial 2x4 scheme, fed in two daily frequencies (twice or four times) and four particle size (2, 5, 10 and 25 mm) of forage. Tifton-85 hay and a commercial concentrate were used with a ratio of 25:75%, respectively. Passage of digesta particles from the rumen was in average 2.37%/h. The retention time in the rumen was 86.86h and retention time in the digestive tract was 90.52h. Animals fed with smaller particle size (2 mm) had lower ruminal pH (6.13) ($P<0.05$) and average of ruminal pH was 6.25 for other particle size. Animals fed in daily frequency of four times had lower ruminal pH (6.17) ($P<0.05$) than animals fed twice for day (pH 6.26). Particle size of 2mm and daily frequency of four times reduces ruminal pH.

Experiment 3 – In situ degradability of dry matter (DM) and neutral detergent fiber (NDF) of Tifton-85 hay with different particle size (2 mm; 5 mm; 10 mm and 25 mm) in sheep supplemented or not with concentrate (0 or 75% of concentrate) were determined. Incubation times were 0, 6, 12, 24, 48, 72 and 96 hours. Completely randomized blocks design in factorial 2x4 schemes (two diets and four particle size of forage) with split-plot was used. The smaller particle size (2 mm) had higher values of soluble fraction and effective degradability of DM and NDF in the two diets fed. DM in situ disappearance was higher for 2mm particle size ($P<0.05$). Particle size of forage and diet influenced degradation parameters and disappearance rate of DM and NDF, thus it is important the standardization of these variables studied on in situ degradation in sheep.

Experiment 4 – Eight sheep with live weight of 52.5 kg were studied in completely randomized blocks design in factorial 2x4 scheme, fed in two daily frequencies and four particle size of forage. Tifton-85 hay and a commercial concentrate were used with a ratio of 25:75%, respectively. Respiration calorimetry work was carried using an open circuit respiration chamber for small ruminants. The oxygen (O₂), carbonic gas (CO₂), methane (CH₄) and urinary nitrogen (URN) levels were determined and used in body heat production (HP) determination. The retained nitrogen (N) was 0.63 g/day/kg MW (metabolic weight). This value was 36.0% of N intake and 46.84% of absorbed N. The HP was 40.0% of gross energy intake (GEI). The energy loss as CH₄ was 4.88% of gross energy (GE) and 5.94% of digestible energy (DE). The metabolizable energy (ME) was 73.24% of GEI and the net energy (NE) of diets was 1.80735

kcal/day. Feeding frequency and particle size of forage didn't have effect on nitrogen balance and energy metabolism of sheep.

Keywords: calorimetry, chewing activity, neutral detergent fiber, physically effective fiber, rumen pH, rumination.

Introdução geral

Os sistemas de produção de carne ovina vêm crescendo ano a ano e têm se tornado opção importante para os pecuaristas, tendo em vista o maior valor da carne ovina em comparação à bovina. Uma vantagem da criação de ovinos é o maior giro do capital visto que o ciclo de produção é mais curto, podendo ser inferior a três meses (Borges et al. 2005).

Uma das formas de diminuir o ciclo é maximizar o consumo de matéria seca (MS) digestível pelos cordeiros, por serem mais eficientes na conversão dos alimentos em carne. O aumento no consumo pode ser alcançada com a redução do tamanho das partículas do volumoso que eleva sua taxa de passagem. Outra alternativa pode ser o aumento da proporção de concentrado na dieta, por ser alimento mais digestível que o volumoso. Além disso, o número de refeições também pode influenciar o consumo, pelo fato da simples apresentação do alimento geralmente estimular a ingestão.

A avaliação do consumo e da digestibilidade dos nutrientes é de fundamental importância em estudos de nutrição de ruminantes, pois determina a quantidade de nutrientes que estará disponível para a manutenção corporal e para a produção. O consumo e os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes são influenciados por vários fatores como a qualidade dos alimentos (concentração e digestibilidade dos nutrientes), pelos efeitos associativos entre estes, pela relação volumoso:concentrado (V:C) e pelo processamento dos alimentos. Porém, o efeito da efetividade física da fibra em detergente neutro (FDN) da dieta e do

manejo nutricional sobre esses parâmetros tem sido pouco estudado.

Entretanto, quando se eleva a proporção de concentrado na dieta e se reduz o tamanho da partícula do volumoso, podem ocorrer distúrbios ruminais devido à falta de fibra fisicamente efetiva, a qual é muito importante na manutenção da saúde ruminal. Além disso, a elevação do consumo de alimentos rapidamente fermentáveis (concentrado) aumentaria a produção de ácidos graxos voláteis, especialmente propiônico, o que potencializa a queda no pH ruminal. Uma das formas de se avaliar a saúde ruminal é pela mensuração da variação do pH.

O estudo da degradação das frações específicas dos alimentos através da técnica *in situ* permite avaliar a disponibilidade e o valor nutricional dos mesmos nas dietas dos ruminantes, sendo fundamental a padronização da técnica nesses estudos.

O teor energético dos alimentos é um dos principais determinantes da produção animal, sendo fundamental o conhecimento da eficiência energética de dietas (Blaxter, 1956). A adoção da EL como forma de expressar as exigências dos animais e o conteúdo energético dos alimentos pode tornar mais precisa a formulação de rações para os ruminantes.

Assim, processos e manejos que melhorem a utilização dos alimentos seriam desejáveis, tanto do ponto de vista econômico como ambiental, minimizando as perdas e a poluição do ambiente, além de fornecer os nutrientes necessários para que o animal expresse todo o seu potencial.

Capítulo 1 - Revisão de literatura

Os ruminantes possuem adaptações digestivas e metabólicas que lhes permitem utilizar, de forma eficiente, a energia contida nos alimentos fibrosos, principalmente na

forma de celulose. A principal adaptação anatômica consiste na câmara de fermentação ruminal, onde microrganismos atuam degradando os nutrientes dos alimentos em produtos que serão utilizados para seu próprio crescimento ou utilizados pelo organismo do hospedeiro ruminante.

A presença de grupos específicos de microrganismos com atuação primária sobre os carboidratos fibrosos e a importância dos produtos gerados a partir de sua atuação torna fundamental a presença destes carboidratos em certa quantidade na dieta dos ruminantes para que o rúmen exerça sua função básica de simbiose entre a microbiota e o ruminante. A quantidade de carboidratos fibrosos necessários na dieta depende da espécie animal, das fontes volumosa e concentrada, do manejo alimentar e, principalmente, do nível de produção.

Entretanto, é importante conhecer não só a quantidade necessária, mas também a efetividade da fibra dos diferentes alimentos. A FDN é uma mensuração química, que não leva em conta as características físicas da fibra, sobretudo tamanho de partícula e densidade (Mertens, 1997).

As propriedades físicas da fibra e suas relações com o comportamento ingestivo afetam o ambiente ruminal e a manutenção da saúde animal dentro de níveis elevados de produção. Medidas do tempo de ruminação, a manutenção do teor de gordura do leite e padronizações baseadas no tamanho de partícula têm sido utilizadas para caracterizar a efetividade da fibra dos alimentos, para que estes possam atender os requisitos de fibra na formulação das dietas.

1.1- Comportamento ingestivo dos ruminantes

Os ruminantes tendem a ingerir os alimentos de modo rápido e ruminar posteriormente. Segundo Van Soest (1994), os herbívoros podem ser classificados em espécies altamente seletivas como os selecionadores,

até aquelas menos seletivas, como os pastejadores. As espécies selecionadoras são incapazes de tolerar grandes quantidades de fibra na dieta e se limitam a consumir as partes menos fibrosas das plantas. Algumas espécies intermediárias conseguem passar maiores volumes de alimento pelo trato digestivo, porém, fazem uso limitado de componentes da parede celular das plantas, preferindo as partes mais rapidamente disponíveis e são adaptadas tanto para a seleção como para o pastejo. Já os herbívoros pastejadores conseguem ingerir grandes quantidades de volumoso, digerindo bem os componentes da parede celular. Os herbívoros do grupo intermediário podem mudar seus hábitos alimentares de acordo com a disponibilidade de forragem, sendo, por isto, mais versáteis do que os selecionadores ou pastejadores obrigatórios.

Os herbívoros da família Bovidae, que constituem o grupo de interesse para a produção animal (búfalos, bovinos, ovinos e caprinos), apresentam comportamentos ingestivos distribuídos dentro desta classificação. Os caprinos são espécies intermediárias, apresentando grande versatilidade no comportamento ingestivo. Apresentam a capacidade de apreender folhas (ramonear) e são mais seletivos do que os ovinos e bovinos, mas possuem menor capacidade de digestão da fibra (Fig.1). Os ovinos localizam-se no grupo dos pastejadores, mas podem, dependendo da situação, agir de forma mais seletiva (Van Soest, 1994). Os bovinos, apesar de sabermos serem capazes de atuar seletivamente sobre o pasto, constituem grupo menos flexível quanto aos hábitos alimentares.

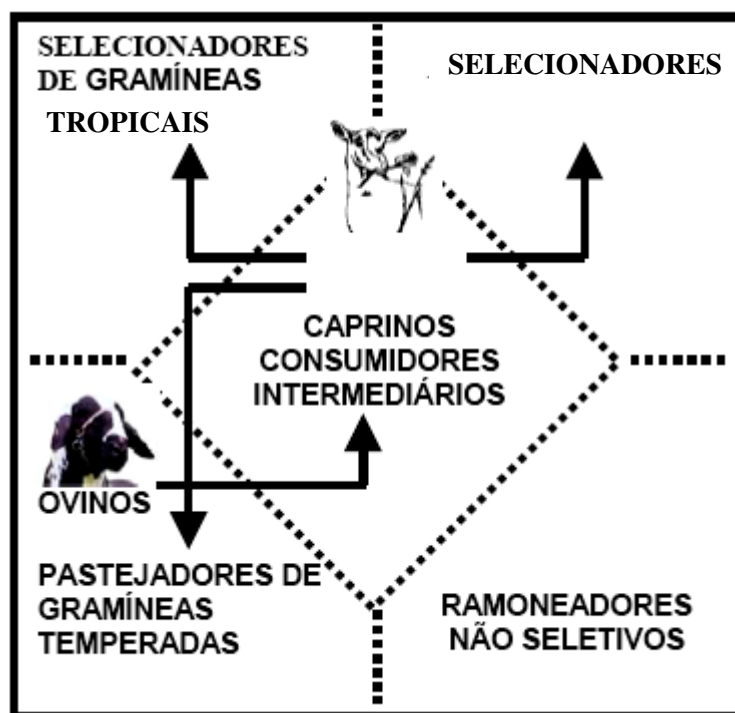


Figura 1. Classificação de caprinos e ovinos com base em suas preferências alimentares e grau de seletividade. Fonte: Van Soest (1994) – Adaptado por Leão et al. (2005).

Segundo Leão et al. (2005), o processo de evolução conferiu aos pequenos ruminantes (caprinos e ovinos) particularidades anatômicas e fisiológicas que determinam diferenças nos mecanismos envolvidos na seleção de alimentos, permitindo a sobrevivência em ambientes naturais complexos, contendo grande variedade de espécies vegetais. Os pastejadores têm na atividade mastigatória e de manutenção do equilíbrio do ambiente ruminal.

Sabe-se, por exemplo, que as espécies caprinas e ovinas possuem mecanismos de regulação de consumo e de seleção de dietas que permitem adaptação e sobrevivência em ambientes diversificados em composição botânica e, muitas vezes inóspitos para outras espécies, através da melhor utilização dos nutrientes disponíveis. Sistemas de alimentação que permitem a livre escolha de alimentos para caprinos têm demonstrado a habilidade desta espécie em regular o consumo e alterar a composição da dieta em

glândulas salivares menores do que os selecionadores, ficando os caprinos e ovinos em posições intermediárias (Van Soest, 1994). Diferenças na anatomia bucal e no tamanho das glândulas salivares poderiam refletir, portanto, diferenças na capacidade de apreensão e seleção do alimento,

função de suas exigências e estados fisiológicos (Leão et al., 2005). Presume-se, então, que estes mesmos mecanismos poderiam atuar em situações de comprometimento da fermentação ruminal, como na acidose subclínica (quando se têm elevadas proporções de concentrado na dieta), fazendo com que os animais preferissem partículas mais grosseiras, o que estimularia a atividade mastigatória e ajudaria a equilibrar novamente o ambiente ruminal. Esta estratégia evolutiva de auto-regulação poderia ajudar a explicar, em

parte, a maior tolerância destas espécies a baixos níveis de fibra na dieta.

Poppi et al. (1981) mostraram que além das particularidades no tamanho e profundidade do bocado entre ruminantes, ocorrem também diferenças na efetividade de mastigação, que representa o percentual de redução da MS em partículas menores que 1,18 mm. Em ovinos esta efetividade é de 22,4% e em bovinos, 18,2%. Esta maior efetividade poderia ser resultado da atividade mastigatória superior nos ovinos, o que acarretaria também maior capacidade de tamponamento ruminal pela produção de saliva do que nos bovinos.

Deve-se salientar, no entanto, que esses hábitos alimentares podem ser alterados dependendo das situações de manejo e do sistema de produção. Leão et al. (2005) chamaram a atenção para o fato de que os padrões de comportamento ingestivo dos caprinos mostram-se diferenciados entre animais em condição de pastejo e em confinamento. Smith & Sherman (1994), citados por Leão et al. (2005), observaram que os tempos gastos com alimentação e com ruminação por cabras em pastejo (30% e 20%, respectivamente) diferiram dos valores observados em confinamento (10% e 25%, respectivamente). O maior tempo gasto com alimentação pelas cabras em pastejo pode refletir a intensa procura e seleção de alimentos na pastagem.

Sendo assim, o comportamento ingestivo afeta diretamente as exigências de fibra (quantidade e efetividade) por influenciar a taxa de ingestão, efetividade da mastigação e a ruminação, e consequentemente, o ambiente ruminal.

1.2- Propriedades da fibra

A fibra pode ser definida nutricionalmente como a fração lentamente digestível ou indigestível dos alimentos que ocupa espaço no trato gastrointestinal dos animais (Mertens, 1997). Forragem é o alimento

volumoso que contém caule, folhas e, às vezes, grãos. Pode ser fornecido fresco, na forma de feno ou de silagem (NRC, 2001). A fibra dietética é definida por Van Soest (1994) como polímeros que são indisponíveis às enzimas digestivas produzidas pelos animais. Ela pode ser descrita através de três características: química, biológica e física.

Quimicamente, entre os métodos rotineiramente utilizados, estão a fibra bruta (FB), a FDN e a fibra em detergente ácido (FDA) (Fig. 2). A FB continua sendo o método oficial de determinação da fibra, sendo o seu registro obrigatório com níveis máximos nos ingredientes em rações comerciais no Brasil. Porém, o método subestima o conteúdo real de fibra, já que são recuperados de 30 a 80% da celulose, 4 a 90% da lignina e de 14 a 20% da hemicelulose. É o resultado de um método empírico que não representa a medida de uma substância específica, sendo seu resultado nutricional pouco preciso e de menor importância para ruminantes. Atualmente o método mais utilizado para ruminantes é o de fracionamento da fibra em FDN e FDA.

A FDN mede o teor de fibra total e, quantitativamente, determina diferenças entre concentrado e volumoso, podendo ainda diferenciar volumosos de melhor ou pior qualidade. Os principais componentes da parede celular recuperados no resíduo da FDN são a celulose, a hemicelulose e a lignina. A pectina, apesar de ser componente da parede celular, é solúvel na solução de detergente neutro, saindo juntamente com os componentes solúveis. Os carboidratos solúveis em detergente neutro constituem os açúcares, amido e pectina. Embora a FDN não tenha valor nutritivo ideal, pois a sua digestibilidade varia com a concentração de lignina e outros fatores, a fração solúvel em detergente neutro tem valor nutricional elevado por ser quase completamente digestível (95 – 98%), com a exceção de alguns tipos de amido que são lentamente

digeridos (Mertens, 2002). A FDA é constituída pela celulose e lignina que permanecem no resíduo em detergente

ácido, sendo a hemicelulose solubilizada (Van Soest, 1994).

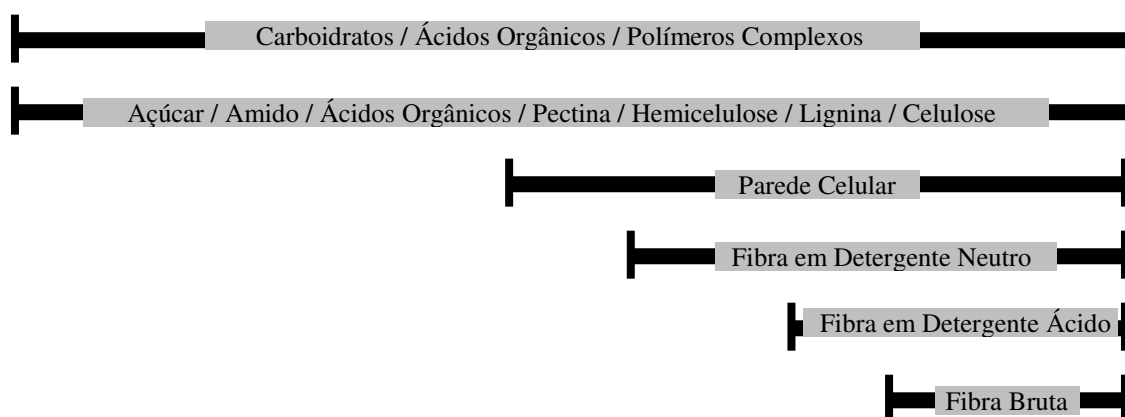


Figura 2. Fracionamento dos carboidratos através de análises químicas (Fonte: Adaptado de Mertens, 2002)

Biologicamente, o teor de FDN é relacionado com o consumo, a densidade do alimento, a atividade mastigatória, a digestibilidade e com as taxas de digestão e de passagem (Mertens, 1997).

Entre os fatores físicos que afetam a efetividade da fibra citam-se: tamanho de partícula, conteúdo de parede celular e grau de lignificação da FDN. As características físicas são usadas para descrever aspectos relacionados ao manuseio, ao armazenamento e à capacidade de promover mastigação e ruminação. Essas características estão relacionadas com o incremento do fluxo salivar e da motilidade ruminal, expondo os ácidos graxos voláteis (AGVs) a sítios de absorção na parede ruminal, e ajudando a manter adequado pH ruminal (Sniffen et al., 1992).

Segundo Van Soest (1994), a qualidade dos alimentos é bastante afetada pelos atributos físicos que não são totalmente associados com as análises químicas. Estes atributos incluem a densidade física, o tamanho de

partícula, a capacidade de hidratação e a de troca de cátions. A densidade física refere-se à concentração de energia digestível e de nutrientes por unidade de volume, é relacionada com a composição da planta *in natura*, mas pode ser muito alterada pelo processamento. O tamanho de partícula afeta a atividade mastigatória e o tempo de ruminação. A redução do tamanho de partícula e a desintegração da estrutura da parede celular pela ruminação afetam diretamente a degradabilidade e a taxa de passagem ruminal. A hidratação envolve a habilidade das partículas alimentares em absorver água, íons e outras substâncias solúveis. A capacidade de troca catiônica das células da parede celular afeta a disponibilidade de zinco, ferro e cobre em não ruminantes, e nos ruminantes pode estar envolvida com o tamponamento ruminal.

O elevado conteúdo de parede celular e o maior grau de lignificação aumentam a resistência da fibra à ação mastigatória e ao processo fermentativo ruminal, interferindo

diretamente na quebra e na densidade das partículas e, conseqüentemente, na passagem através do orifício retículo-omasal. A redução do tamanho de partícula pela mastigação incrementa a taxa de fermentação pelo aumento da área de superfície e pela diminuição na habilidade em reter gases, sendo que ambos interferem na densidade (Allen, 1996).

Entre todos esses atributos físicos, o tamanho de partícula se destaca, pois vem sendo utilizado como índice para classificar os alimentos, disponibilizando dados para os nutricionistas formularem dietas atendendo às necessidades de fibra fisicamente efetiva. A base da utilização do tamanho de partícula para expressar a efetividade física da fibra dos alimentos fundamenta-se na resistência do orifício retículo-omasal à passagem de partículas grandes, fazendo com que as mesmas voltem a ser remastigadas na ruminação. Para ovinos e bovinos tem sido relatado que a resistência à passagem aumenta muito para partículas com tamanho superior a 1,18 mm (Poppi et al., 1985). A efetividade pode ser determinada, então, a partir da quantidade de partícula que fica retida em peneira com porosidade de 1,18 mm.

1.3- Conceitos de efetividade

Inicialmente, utilizava-se para descrever a capacidade do alimento em estimular a ruminação eram os teores de forragem na dieta, de FB, de FDN e de FDA. Posteriormente, os nutricionistas passaram a dar atenção às características físicas dos alimentos relacionadas com sua efetividade em estimular a mastigação, a ruminação e a motilidade ruminal, baseadas no conteúdo de parede celular e no tamanho de partícula destes alimentos (Mertens, 1997).

Algumas situações indicam que a falta de efetividade da fibra pode ser a causa de acidose e de baixo teor de gordura no leite. A observação de que a fermentação ruminal

é alterada e a gordura do leite deprimida quando a forragem da dieta é finamente picada, sem alterações na relação V:C e no teor de carboidratos não fibrosos (CNF), indica que a efetividade da fibra, mais do que a substituição da FDN por CNF, é causa primária de problemas em dietas com baixo teor de fibra (Mertens, 1997). Quanto maior for a efetividade da fonte de fibra, mais CNF poderá ser incluído na dieta sem comprometimento do metabolismo ruminal.

O Sistema de Carboidrato e Proteína Líquidos de Cornell para bovinos (CNCPS) adota a denominação FDN efetiva (FDNe) como o teor de fibra necessário para estimular a ruminação, o fluxo salivar, o tamponamento ruminal, a saúde da parede ruminal e prevenir a queda na gordura do leite. É relacionada com a capacidade do alimento em substituir a forragem da dieta sem que ocorra a redução da gordura do leite. O valor de FDNe é obtido pela multiplicação do fator de efetividade (fe) pelo teor de FDN dos alimentos, classificados pelo tamanho de partícula e pelo teor de parede celular, volume e grau de hidratação (Tab. 1) (Sniffen et al., 1992). O fe pode variar de 0 (quando o alimento não tem habilidade em manter teor de gordura do leite) a 1 (quando mantém o teor de gordura do leite).

Pode-se verificar que a FDNe (%MS) sofre influência não só do tamanho de partícula, como também da natureza do alimento. Por exemplo, alimentos com alto teor de extrato etéreo (EE), como o caroço de algodão, podem estimular a síntese da gordura do leite por outros mecanismos além do estímulo à mastigação. Da mesma forma, tratamentos aplicados sobre o alimento podem afetar a efetividade. A aplicação de amônia sobre palhas pode quebrar as ligações de carboidratos com a lignina e reduzir a efetividade do alimento. Por se tratar de um conceito amplo, pois vários fatores relacionados à dieta e ao metabolismo animal podem afetar o teor de gordura do leite, Mertens (1997) sugeriu a

FDN fisicamente efetiva (FDNfe), como uma nova metodologia de avaliação

Tabela 1. Teores de fibra em detergente neutro efetiva (FDNe) de alguns alimentos rotineiramente utilizados na alimentação de ruminantes

Tamanho de partícula (cm)	Alimento	%FDN (MS)	FDNe (%FDN)	FDNe (%MS) ¹
< 0,635	Milho grão moído	9	0	0
	Feno de gramínea maduro	72	73	53
	Silagem de milho	41	61	25
0,635 – 1,27	Feno de gramínea maduro	72	88	63
	Silagem de milho	41	71	29
	Sabugo de milho	90	80	72
1,27 – 2,54	Milho quebrado	9	60	5
	Feno de gramínea maduro	72	100	72
	Sabugo de milho	90	100	90
	Caroço de algodão	44	100	44
Longo (> 2,54)	Feno de gramínea maduro	72	100	72
	Pastagem de gramínea	50	41	21
	Milho grão inteiro	9	100	9
	Palha de arroz ²	85	120	102

Fonte: Adaptado de Sniffen et al. (1992); ¹FDNe (%MS) = %FDN (MS) x FDNe (%FDN); ²Valor elevado devido ao alto teor de lignina (20% MS).

A FDNfe é relacionada às características físicas da fibra que influenciam a atividade mastigatória e a natureza bifásica do conteúdo ruminal (o “MAT” flutuante constituído de grandes partículas e um “pool” de líquidos e pequenas partículas), sendo o produto entre o conteúdo de FDN e um fator de efetividade física (fef). O fef varia entre 0 (não estimula a atividade mastigatória) e 1 (100% de efetividade) e corresponde à proporção de partículas (% MS) retidas em peneira com porosidade de 1,18 mm.

Foi adotado como padrão o feno de gramínea longo que promoveu o tempo médio de 150 minutos de mastigação por kg de FDN. Então, a principal característica dos

alimentos relacionada à FDNfe é o tamanho de partícula e a principal resposta é a atividade mastigatória. Mertens (1997) definiu a atividade mastigatória como a soma do tempo gasto com a alimentação e com a ruminação, que na realidade refletem as características químicas e físicas dos alimentos (teor de FDN, tamanho de partícula, fragilidade da parede celular e umidade). A atividade mastigatória relaciona-se também com o tipo de animal, tamanho e idade do mesmo, ingestão de MS e com a técnica de medição adotada. Alguns fef padrões para alimentos rotineiramente utilizados na nutrição de ruminantes são mostrados na Tab. 2.

Tabela 2. Fator de efetividade física (fef) padrão de alguns alimentos para ruminantes

Alimento e forma física	fef padrão
Feno de gramínea	
Longo	1,00
Picagem grosseira	0,95
Picagem média	0,90
Em peletes	0,40
Silagem de gramínea	
Picagem grosseira	0,95
Picagem média	0,90
Finamente picada	0,85
Silagem de milho	
Picagem grosseira	0,90
Picagem média	0,85
Finamente picada	0,80
Fontes de Fibra não forrageira¹	0,40
Milho alta umidade (“Rolled”)	0,80

Fonte: Adaptado de Mertens (1997); ¹o caroço de algodão é uma exceção com um fef = 0,90.

Devido ao fato da FDNfe ser relacionada somente com as propriedades físicas da fibra, ela constitui um conceito mais restrito do que a FDNe, permitindo predições mais acuradas da efetividade dos alimentos (Grant e Cotanch, 2005).

Os valores de FDNe e FDNfe são altamente correlacionados quando se comparam alimentos que diferem somente no tamanho de partícula. Porém, na maioria das vezes as diferenças entre os alimentos são mais complexas. O valor de FDNe pode ser maior do que o de FDNfe quando o alimento tem habilidade para manter a gordura do leite, mas não estimula a mastigação na mesma extensão (por ex., alimentos contendo gorduras ou capacidade tamponante). Ao contrário, a FDNe pode ser menor do que a FDNfe quando o alimento afeta

negativamente a fermentação ruminal e a gordura do leite sem afetar a atividade mastigatória. Fontes de fibra não forrageira (FFNF) que estimulam a produção de gordura no leite são incluídos na FDNe, mas podem não aparecer na FDNfe (Mertens, 1997).

As relações entre os diferentes conceitos podem ser visualizadas na Fig. 3.

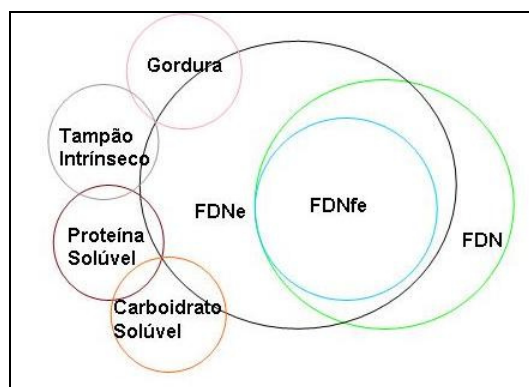


Figura 3. Relação entre a fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro efetiva (FDNe) e fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe). (Fonte: Adaptado de Mertens, 2002).

1.4- Determinação da efetividade da fibra

As principais formas utilizadas na determinação da efetividade da fibra e dos teores mínimos necessários nas dietas são através de informações biológicas (teor de gordura do leite – GL, pH ruminal, atividade mastigatória) e através de análises laboratoriais (análises químicas e de tamanho de partícula). A manutenção do teor de GL tem sido o foco de muitas pesquisas sobre fibra efetiva por ter impacto econômico sobre a produção, ser de fácil mensuração e por ser reflexo do bem-estar e do desempenho animal. Porém, algumas vezes a fibra da dieta pode estar em concentração inferior à recomendado, afetando a saúde animal sem deprimir

significativamente a GL. Isto sugere que outros fatores, como a relação acetato:propionato (A:P), o pH ruminal ou a atividade mastigatória também são importantes e podem ser utilizados na determinação das exigências (Mertens, 1997). Outra boa resposta é a consistência do “MAT” ruminal, apesar de ser técnica difícil de ser realizada em grande número de animais (Armentano e Pereira, 1997).

1.4.1- Teor de gordura do leite (GL)

Armentano e Pereira (1997) sugeriram um sistema para obtenção da FDN_e de forragens e de FFNF através de regressão linear com a porcentagem de GL como variável. Os autores realizaram a regressão linear da porcentagem de GL sobre o teor de FDN da dieta (% MS), e o coeficiente da regressão representou a mudança percentual no teor de gordura em função da adição de FDN. As correlações descritas entre o teor de FDN e a GL, o pH ruminal, a relação A:P e a atividade mastigatória (tempo total em min) foram 0,46; 0,36; 0,49; e 0,76; respectivamente. Todas foram significativas ($P < 0,01$) e determinadas após ajustes no banco de dados para as fontes de FFNF.

Mertens (1997) estabeleceu os requerimentos de FDN_e para manter o teor de GL utilizando banco de dados contendo 213 combinações de vacas e tratamentos de 36 citações. Dois modelos foram utilizados para prever o teor de GL: uma equação quadrática foi avaliada e quando o termo quadrático da equação não foi significativo o modelo foi reduzido à forma linear. A equação de regressão encontrada foi: $GL = 4,32 - 0,171(1/FDN_{fe})$; $r^2 = 0,63$. Os requerimentos de FDN_e (%MS), para se obterem teores específicos de GL, foram: 3,6% de GL = 24 % de FDN_e; 3,4% de GL = 19,7% de FDN_e; e 3,2% de GL = 16,4 % de FDN_e.

Segundo Allen (1997), nos experimentos de avaliação da efetividade de dietas em manter

o teor de GL geralmente são utilizadas vacas no meio da lactação, pelo fato das vacas em início de lactação serem menos responsivas à dieta. Além disso, o teor de GL pode não ser a mensuração mais adequada para se determinarem as necessidades de fibra efetiva para essa categoria devido ao alto teor de CNF fornecido na dietas desses animais, visando minimizar os efeitos do balanço energético negativo. O autor sugere que o pH ruminal seria uma resposta mais adequada na determinação da exigência de fibra efetiva de vacas em início de lactação.

Em cabras leiteiras de alta produção, o nível de fibra da dieta é fundamental para a manutenção do teor de GL, fato este relacionado com a manutenção de uma relação favorável de A:P no rúmen. Lu et al. (2005) estabeleceram a seguinte relação entre o consumo de fibra em detergente ácido (FDAC) e a GL em cabras leiteiras: $GL (g/d) = 115,78 - 0,128 \times FDAC (g/d) + 0,00021 \times FDAC^2 (g/d)$.

1.4.2- pH ruminal

As condições do ambiente ruminal precisam ser mantidas dentro de limites para permitir adequado metabolismo e crescimento microbiano, tendo por objetivo final a manutenção da saúde do ruminante. Os microrganismos celulolíticos apresentam crescimento ótimo em pH 6,7 (Van Soest, 1994). Admite-se como variação normal $\pm 0,5$ unidades de pH. Em pH inferior a 6,2 ocorre inibição da taxa de digestão e aumento do tempo de colonização. As dietas precisam ser formuladas para manter adequado ambiente ruminal, minimizando as variações de pH através de práticas de manejo. Os principais determinantes do pH ruminal são a quantidade secretada de tampões salivares e a produção e absorção dos AGVs, sendo ambos resultados da composição de carboidratos da dieta, da atividade mastigatória e por fim, do teor de FDN_e.

O pH ruminal é muito responsivo às refeições e ao comportamento mastigatório, e positivamente relacionado com a GL ($\text{pH} = 4,44 + 0,46 \times \% \text{GL}$; $r^2 = 0,39$). A concentração de FDN sozinha não é relacionada com o pH ruminal, enquanto que a concentração de AGVs relaciona-se negativamente (Allen, 1997). Este autor estabeleceu a relação entre o pH ruminal e algumas variáveis independentes (incluindo tamanho de partícula) usando 106 tratamentos de 28 experimentos da literatura, através de análise de regressão. Neste caso, o pH ruminal foi relacionado positivamente com os teores de FDN (%MS; $P < 0,0001$; $r^2 = 0,63$), com a matéria orgânica degradável no rúmen (kg/d; $P < 0,003$; $r^2 = 0,18$) e com o tamanho de partícula ($P < 0,002$; $r^2 = 0,12$). Ele considerou as relações entre a maioria dos fatores e o pH ruminal fracas (r^2 baixo), demonstrando a importância das interações entre as variáveis. Quando os fatores foram usados em conjunto obteve-se maior r^2 (0,95) na predição do pH. Concluiu-se que as diferenças nos teores de matéria orgânica degradável no rúmen, entre as dietas, podem ser o mais importante fator afetando o pH ruminal.

Mertens (1997) afirmou que o pH ruminal pode ser melhor indicador da saúde ruminal e do funcionamento ótimo do órgão do que o teor de gordura do leite. Através dos métodos de regressão anteriormente descritos, ele utilizou o pH ruminal para determinar as exigências de FDNfe, após a realização de ajustes para horário de coleta do conteúdo ruminal. A equação de regressão obtida foi: $\text{pH ruminal} = 6,67 - 0,143(1/\text{FDNfe } \% \text{MS})$; $r^2 = 0,71$. Esta equação sugere teor de FDNfe (%MS) de 22,3% como necessário para manter o pH do meio próximo de 6. O maior requerimento de FDNfe para manter o pH ruminal neste patamar do que para manter o teor de 3,4% de GL indica dificuldades em se determinar, de forma precisa, a exigência de FDNfe.

1.4.3- Atividade mastigatória

O tempo que o animal passa mastigando ou ruminando determinado alimento possibilita a criação de um índice que relaciona os diferentes tipos de alimentos, o teor de FDN, o tamanho de partícula e a respectiva capacidade de estimular a ruminação. Os trabalhos têm mostrado uma relação entre a atividade mastigatória (min/kg de MS ou de FDN), a concentração de FDN e o tamanho de partícula dos alimentos. O tempo gasto com a mastigação (min/kg de MS ou de FDN) aumenta com o incremento no teor de FDN, e diminui com a redução no tamanho de partícula (Mertens, 1997).

A resposta animal à FDNfe é a atividade mastigatória. As análises de regressão realizadas por Mertens (1997) indicaram que o feno longo de gramínea (padrão) requer 150 min de atividade mastigatória de vacas leiteiras por kg de FDNfe. O tempo de atividade mastigatória por kg de MS pode ser calculado através da equação: $150 \times 0,01 \times \text{FDNfe } (\% \text{MS})$. Esta equação foi proposta para vacas lactantes consumindo 18 kg de MS. O fef pode ser estimado a partir da atividade mastigatória ($\text{fef} = [\text{min de mastigação/kg de FDN no alimento teste}] / [\text{min de mastigação/kg de FDN do padrão}]$) (Mertens, 2002).

Lu et al. (2005) na revisão sobre exigência de fibra para caprinos, discutiram a relação entre a atividade mastigatória e a fibra da dieta e descreveram a seguinte equação: $\text{tempo total de mastigação (min/d)} = 33,11 + 30,13 (\text{FDAC}, \% \text{MS})$.

1.4.4- Análises laboratoriais

Análises químicas como FDN permitem a comparação entre alimentos (ex., volumosos e concentrados) em termos quantitativos, porém não possibilitam determinar o quanto a fibra de distintos grupos de alimentos contribuirá para a saúde do rúmen e para a manutenção da GL. Como descrito anteriormente, existem diferenças entre a

fibra das forragens, dos grãos e dos subprodutos, portanto, quantidades iguais de FDN de ambas as fontes podem levar a respostas diferentes das esperadas. Além disto, a composição da FDN (ex., teor de lignina), a fragilidade da fibra e a forma física (tamanho de partícula, processamento) do alimento podem alterar o valor da fibra. Com todas estas variáveis, a simples informação do teor de FDN da dieta pode não ser adequada para atender a exigência do animal.

Mertens (1986), citado por Mertens (1997), sugeriu que o valor de fibra efetiva das forragens poderia ser obtido através de mensuração física, como tamanho de partícula, combinado com a análise de FDN. Este conceito se baseia na hipótese de que somente a fibra em partículas grandes estimularia a mastigação, sendo relacionada com a FDNfe. Para implementar o sistema era necessário determinar o tamanho das partículas que ficam retidas no rúmen. Conforme os dados de Poppi et al. (1985),

adotou-se o tamanho de 1,18 mm como determinante da saída ou retenção no rúmen, e, conseqüentemente, como capaz de estimular a ruminação. Foi proposto um método simples para estimar a FDNfe a partir da concentração de FDN da amostra e da proporção de partículas que são retidas numa peneira como porosidade de 1,18 mm. O resultado pode ser expresso como % da MS ou FDN (Tab.3).

O Nutrient... (2001) não adotou o sistema de FDNfe pois à época ainda não havia suficiente informação sobre a acurácia do método e valores de FDNfe para os alimentos que são rotineiramente utilizados na alimentação dos bovinos leiteiros. Grant e Cotanch (2005) propuseram aperfeiçoamentos: a inclusão de mais uma peneira (porosidade de 3,35 mm), que seria mais adequada ao tamanho do orifício retículo-omasal dos bovinos (Oshita et al., 2004) e adoção de metodologias para determinar a fragilidade da fibra retida na peneira.

Tabela 3. Estimativa da fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe) utilizando análise química e física

Alimentos	FDN (%MS)	Fração retida na peneira de 1,18 mm	FDNfe (%MS)
Padrão	100	1,00	100
Feno de gramínea	65	0,98	63,7
Feno de leguminosa	50	0,92	46,0
Silagem de leguminosa ¹	50	0,82	41,0
Silagem de leguminosa ²	50	0,67	33,5
Silagem de milho	51	0,81	41,5
Grãos de cervejaria	46	0,18	8,3
Milho grão moído	9	0,48	4,3
Farelo de soja	14	0,23	3,2
Casca de soja	67	0,03	2,0

Fonte: Adaptado de Mertens (1997); ¹silagem grosseiramente picada; ²silagem finamente picada.

Lammers et al. (1996) estabeleceram um método para medir a distribuição das partículas de silagens e ração mistura total (TMR) através do separador “Penn State Particle Separator” (PSPS), em nível de campo. O PSPS se baseia na distribuição das

partículas em três compartimentos (> 19 mm; 8 – 19 mm; < 8 mm) e a fração de FDN retida em cada peneira. O resultado permite inferir sobre qual a percentagem de partículas maior do que um determinado tamanho crítico e o tamanho geométrico

médio das partículas (TGM) (Kononoff e Heinrichs, 2003).

Posteriormente, Kononoff et al. (2003) propuseram modificações na metodologia original. As principais questões levantadas foram:

- as TMR na maioria das vezes contêm de 40 – 60% de concentrado, grande parte poderia passar através da peneira com porosidade de 8,0 mm. A mensuração das partículas que passariam é importante no entendimento dos efeitos do tamanho de partícula na função ruminal, sendo sugerido como tamanho crítico que afetaria a função ruminal, 1,18 mm.

- Variações no equipamento, na metodologia e na forma física da amostra poderiam afetar a distribuição das partículas. Por exemplo, diferenças entre os usuários na forma de agitar o equipamento poderiam afetar os resultados. A umidade do alimento analisado também afetaria a distribuição das partículas. Baseado nestes aspectos foi proposta modificação na porosidade das peneiras e a padronização da forma de movimentação da PSPS, além de serem estudados os efeitos da umidade da amostra nos resultados.

A redução na frequência dos movimentos para 0,9 Hz resultou em mais material retido na peneira com porosidade de 19 mm, aumentando o TGM. A elevação da frequência para 1,6 Hz não afetou o TGM, mas aumentou a quantidade de partículas de silagem de milho que atravessaram a peneira com porosidade de 1,18 mm. O teor de umidade afetou a avaliação da silagem de milho, sendo que menor umidade aumentou a percentagem de partículas menores do que 1,18 mm, diminuindo o TGM. Concluiu-se que para todas as amostras (silagem de milho, pré-secado de alfafa e TMR) a secagem diminuiu o TGM, porém, perdas de até 40% da umidade original têm pouco efeito sobre o TGM. Como o recomendado é que as amostras sejam analisadas na forma como são oferecidas aos animais, devem-se

evitar variações na umidade no período entre a coleta e a análise. Sugeriu-se a inclusão de uma terceira peneira de 1,18mm no aparelho, com uma frequência de 1,1Hz ou mais, com um comprimento no movimento de 17 cm. A FDNfe é determinada através da equação: $FDNfe = [(\%MS > 19,0mm \times \%FDN > 19,0mm) + (\%MS 19,0-8,0mm \times \%FDN 19,0-8,0mm) + (\%MS 8,0-1,18mm \times \%FDN 8,0-1,18mm)]/100$.

Armentano e Tayson (2005) propuseram a estimativa do TGM da silagem de alfafa e de milho a partir do material retido em peneira com porosidade de 9 mm. A equação de regressão proposta foi: $TGM (mm) = 1,16 + 13,00 \times \text{fração acumulada acima da peneira de } 9,0 \text{ mm}$ ($r^2 = 0,89$). Para TMR: $TGM (mm) = 0,54 + 11,84 \times \text{fração acumulada acima da peneira de } 9,0 \text{ mm}$ ($r^2 = 0,78$). Segundo Leonardi et al. (2005) o TGM pode ser um melhor estimador da FDNfe do que a metodologia proposta por Mertens (1997). O TGM pode mostrar diferenças na distribuição do tamanho das partículas que ficam retidas na peneira de 1,18 mm que normalmente não apareceriam na metodologia proposta por Mertens (1997).

1.5- Efetividade de fontes de fibra não forrageira (FFNF)

A FDN oriunda de alimentos não forrageiros é considerada fibra não forrageira e os grãos e subprodutos utilizados com este propósito constituem uma FFNF (Nutrient..., 2001). De maneira geral, as pesquisas têm mostrado que a fibra oriunda destas fontes não apresenta efetividade semelhante à fibra forrageira. Entre as principais FFNF destacam-se subprodutos como a casca de soja, caroço de algodão, casca de algodão e polpa cítrica.

As FFNF apresentam maior taxa de passagem ruminal e, conseqüentemente, estimulam menos a ruminação do que as forragens. As FFNF têm FDN mais potencialmente degradável, pequeno

tamanho de partícula e alta gravidade específica. Uma grande proporção da FDN potencialmente disponível das FFNF pode escapar da fermentação ruminal, resultando em menor produção de AGVs no rúmen (Firkins, 1997). Devido ao pequeno tamanho de partícula e à alta gravidade específica, o que aumenta a taxa ruminal de passagem, as FFNF determinaram redução na digestibilidade ruminal da FDN quando entram em grandes quantidades na dieta (Grant, 1997).

De acordo com Grant (1997), a fonte, a quantidade e as características físicas da forragem da dieta podem interagir com a FFNF e influenciar a digestibilidade ruminal e total da fibra, a taxa de passagem e o desempenho de vacas leiteiras alimentadas com dietas contendo elevados teores de FFNF. Os dois principais fatores que afetam esta interação são a taxa de digestão e de passagem da fibra. Por exemplo, resultados de pesquisas têm mostrado que a adição de forragem grosseira à dieta contendo elevada inclusão de casca de soja melhora a digestão da fibra em 32%, provavelmente por alteração no tempo de retenção ruminal da FFNF. A presença de fibra de volumosos pode alterar a consistência do “MAT” ruminal e aumentar a retenção da FFNF. Devido ao baixo conteúdo de lignina e à grande proporção de fibra digestível, muitas FFNF têm potencial para substituir a forragem na dieta. Porém, o pequeno tamanho de partícula destas fontes facilita o escape ruminal e, conseqüentemente, afeta a digestibilidade da fibra.

Segundo Allen (1997), a FDN de FFNF é menos efetiva em manter o pH ruminal. Mertens (1997) concluiu que a FDN de FFNF apresenta 40% da efetividade de FDN forrageira. A maioria das FFNF são menos efetivas em manter a gordura do leite do que forragens, porém a atividade mastigatória é menos afetada do que a gordura do leite (Swain e Armentano, 1994). O Nutrient... (2001) assume que a FDN de FFNF apresenta 50% da efetividade da FDN de

forragens. À exceção é o caroço de algodão, que apresenta um fe de 1,0 e fef de 0,90, valores semelhantes aos de forragens longas. Por todos estes fatores, quando altos níveis de FFNF são incluídos na dieta com conseqüente redução no teor de forragem, um mínimo de FDNfe de forragem precisa ser adicionado para estimular a ruminação e evitar redução do pH ruminal.

1.6- Influência da efetividade da fibra sobre a saúde animal

Diferenças na quantidade e nas propriedades físicas da fibra podem afetar a utilização da dieta e o desempenho animal. Quando muita fibra é incluída na dieta, a densidade energética diminui, o que pode levar à redução do consumo e da produtividade. Quando se tem um baixo teor de fibra na ração uma variedade de sintomas podem ocorrer devido a alterações no processo fermentativo ruminal (Mertens, 1997).

Os animais de alta produção, resultado do melhoramento genético e dos sistemas de produção especializados, apresentam elevada exigência por nutrientes, necessitando da maximização dos processos fermentativos ruminais e muitas vezes, da oferta de nutrientes que escapem da fermentação ruminal e se tornem prontamente disponíveis no intestino delgado. Nesta situação, torna-se necessária a substituição de parte do alimento volumoso (que possui menor concentração de nutrientes) por alimentos concentrados, que quando utilizados em quantidades elevadas na dieta, paralelamente à redução no teor de fibra da mesma, podem comprometer a qualidade do ambiente ruminal e interferir negativamente sobre os processos digestivos e na saúde animal.

Por exemplo, o fornecimento de dietas com elevadas quantidades de grãos e de carboidratos rapidamente fermentáveis para vacas leiteiras aumenta a produção de leite, mas também o risco de acidose subclínica,

caracterizada pelo moderado abaixamento no pH ruminal, e de doenças associadas, como a laminite. Estas alterações podem ser evitadas adotando-se regime alimentar que permita a manutenção dos mecanismos de tamponamento ruminal através da produção adequada de saliva, o que pode ser obtido pela oferta de teores de fibra contendo tamanho de partícula suficientemente longo para estimular a ruminação. Porém, a oferta de volumoso com tamanho de partícula excessivamente longo pode aumentar o risco de acidose subclínica, devido à seleção que o animal pode exercer, preferindo o alimento concentrado (Krause e Oetzel, 2006).

A cascata de eventos que ocorre quando não são atendidas as exigências de fibra efetiva na dieta, resultando em queda na produção de leite, inclui diminuição na atividade mastigatória que leva à menor secreção de tampões salivares, abaixamento do pH ruminal e alteração no padrão de fermentação. Ocorre diminuição na relação A:P, alteração do metabolismo animal e redução da síntese de gordura do leite. Deve-se salientar que a fonte de concentrados utilizada também interfere neste processo, principalmente devido à variação na taxa de fermentação destas fontes.

O teor de fibra e o tamanho de partícula necessários para manter a saúde ruminal dependem da fonte de fibra utilizada, do tipo e grau de processamento do grão e do manejo alimentar (o fornecimento de ração total e adequado espaço de cocho diminuem os riscos). Quando se trabalha com animais visando à obtenção de elevadas produções é fundamental a adoção de boas práticas de manejo para que os níveis ótimos de nutrientes oferecidos na dieta se transformem em produto animal (Krause e Oetzel, 2006).

Assim, tanto o teor quanto a efetividade da fibra podem influenciar o padrão de fermentação ruminal e o metabolismo animal. O teor de fibra afeta o padrão de

fermentação ruminal por ser fonte de carboidratos de degradação mais lenta, o que acarreta menor taxa de produção dos AGVs e, conseqüentemente, menor queda no pH. Além disso, as rotas de degradação dos carboidratos fibrosos no rúmen levam à maior concentração molar de acetato e menor proliferação das bactérias produtoras de ácido lático, o que favorece a manutenção do pH local. A efetividade da fibra dietética se relaciona com a capacidade desta em influenciar a atividade mastigatória e o ambiente ruminal, e em conseguir manter a percentagem adequada de gordura do leite.

1.7- Influência da efetividade da fibra na produção animal

Várias pesquisas têm sido realizadas com o intuito de avaliar o efeito dos tamanhos de partícula e das fontes de fibra da dieta na atividade mastigatória, nos parâmetros ruminais, na digestibilidade, na produção e na composição de leite, além de avaliar a acurácia e gerar dados sobre as diferentes metodologias propostas para a medição do tamanho de partícula e estimativa da efetividade. A maioria destes trabalhos tem sido realizada com bovinos leiteiros.

Leonardi et al. (2005) avaliaram o efeito de diferentes TGM e da distribuição das partículas do feno de aveia sobre o desempenho de vacas leiteiras. Os cinco tratamentos testados neste experimento foram silagem de aveia de comprimento longo, médio, longo para fino, médio para fino e metade longo mais metade longo para fino. A distribuição das partículas da forragem oferecida e sobras foi determinada através do “Wisconsin Particle Size Separator”. O TGM foi calculado assumindo comprimento médio de 48 mm para o material retido na peneira do topo do separador que possuía cinco peneiras (porosidades de 26,9; 18; 8,98; 5,61 e 1,65 mm). Não foram observadas diferenças entre os tamanhos FMOS (fino para médio) e FLOS (fino para longo) nas variáveis

avaliadas. O aumento no TGM consumido diminuiu o consumo de MS, a produção de leite, a produção e a percentagem de proteína do leite, sem afetar a GL, o pH ruminal e a concentração de AGVs ruminal. Embora as vacas consumindo maior TGM gastassem mais tempo comendo e mastigando por dia e por kg de MS, não houve efeito sobre o pH ruminal. O fornecimento de silagem de aveia com tamanho médio aumentou a produção e a percentagem de GL comparado com a mistura de partículas longas e finas.

Um dos objetivos de se fornecer FDNfe na dieta é o da manutenção da saúde ruminal. Com este propósito Beauchemin e Yang (2005) avaliaram o efeito da FDNfe sobre o consumo, a atividade mastigatória e sobre a acidose ruminal em vacas leiteiras recebendo silagem de milho (45,8% de FDN na MS). As dietas foram quimicamente semelhantes, mas variaram no conteúdo de FDNfe (elevado, médio e baixo) por alteração no comprimento das partículas da silagem de milho. O fef para os tamanhos longo (original), médio (repicado uma vez), fino (repicado duas vezes), determinados através do PSPS, foram 0,84, 0,73 e 0,67, respectivamente. Os teores de FDNfe nas dietas foram 11,5; 10,3 e 8,9% para os tratamentos elevado, médio e baixo, respectivamente. Valores de pH < 5,8 foram considerados como indicadores de acidose subclínica. O aumento no comprimento das partículas incrementou o consumo de FDNfe, mas não influenciou o consumo de MS e FDN. O número de mastigações (mastigação/dia) e tempo mastigando aumentaram linearmente com o incremento na FDNfe. O padrão das refeições foi similar entre tratamentos, exceto que o número de refeições foi quadraticamente aumentado com o incremento na concentração de FDNfe da dieta. O pH ruminal médio não foi afetado pelos tratamentos. O valor superior observado foi de 6,29 e o inferior 5,01. A FDNfe foi moderadamente correlacionada com o n° de mastigações durante as

refeições ($r^2 = 0,41$) e com o tempo total de mastigação ($r^2 = 0,37$). Pelo estudo verificou-se que o aumento no conteúdo de FDNfe das dietas eleva o tempo de mastigação, mas que este incremento não necessariamente reduz a acidose subclínica. Os autores comentaram que os modelos que estimam o pH ruminal precisariam incluir, além da FDNfe, o consumo de matéria orgânica fermentável.

Um dos problemas levantados por Allen (1997) é que os dados de efetividade gerados foram obtidos com vacas no meio da lactação, dadas as dificuldades de se trabalhar com vacas em início de lactação. Porém, alguns trabalhos têm avaliado os efeitos da efetividade da fibra da dieta sobre as vacas leiteiras em início de lactação. Zebeli et al. (2006) determinaram o efeito da fibra fisicamente efetiva sobre os processos digestivos e na GL em vacas no início de lactação recebendo TMR. A FDNfe foi estimada por duas técnicas: FDNfe > 1,18 mm (Mertens, 1997) e FDNfe > 8 mm (PSPS). Outros fatores avaliados foram a quantidade de matéria orgânica digestível (MOD) e o consumo de amido degradável no rúmen (CADR) proveniente de grãos. O pH ruminal variou de 5,30 a 6,59. Usando o FDNfe > 1,18 mm, os requisitos de fibra fisicamente efetiva foram estimados em 19% da MS da ração para manter o pH ruminal próximo de 6,0. A FDNfe > 8 mm afetou de forma quadrática o pH ruminal, porém com baixo r^2 (0,27) quando comparada com a FDNfe > 1,18 mm ($r^2 = 0,67$). Estes resultados indicam que a FDNfe > 1,18 mm pode estimar satisfatoriamente o pH ruminal médio. No entanto, a FDNfe foi pobre preditor da atividade mastigatória ($r^2 = 0,17$) e da ruminação ($r^2 = 0,24$). Os parâmetros relacionados com a produção e composição do leite foram menos sensíveis à FDNfe. A MOD foi positivamente correlacionada com o pH ruminal ($r^2 = 0,24$), mastigação diária ($r^2 = 0,23$) e ruminação ($r^2 = 0,29$). O CADR proveniente de grãos foi negativamente relacionado com o pH ruminal ($r^2 = 0,55$) e

positivamente com a concentração de AGVs ($r^2 = 0,27$). Os resultados sugerem que a inclusão da MOD e CADR com a FDNfe > 1,18 mm no modelo de predição do pH ruminal poderia melhorar a acurácia.

Bezerra et al. (2002) avaliaram o efeito do perfil granulométrico das partículas dietéticas sobre o desempenho de vacas leiteiras em lactação. O feno de capim Tifton foi triturado em cinco tamanhos de partícula e submetido ao PSPS para determinação do perfil de distribuição das partículas. O consumo e a conversão alimentar não foram influenciados pelos diferentes perfis, mas observaram-se variações na produção e na composição do leite. As vacas que receberam o perfil granulométrico intermediário produziram mais leite. A quantidade de GL produzida não foi afetada pelos perfis de distribuição das partículas dietéticas, porém as vacas alimentadas com dietas contendo partículas de maior granulometria produziram leite com maior teor de gordura. Foram avaliados também os efeitos destes tratamentos sobre o tempo médio de retenção e a digestibilidade aparente (Bezerra et al., 2004). O perfil granulométrico exerceu efeito preponderante no trânsito das dietas, observando-se que aquelas com partículas de maior tamanho ficaram mais tempo no trato gastrointestinal. Os coeficientes de digestibilidade das matérias seca e orgânica foram maiores para dietas com menor granulometria comparativamente às de perfil mais grosseiro. Não houve efeito sobre as digestibilidades de PB e CNF. A digestibilidade da fibra foi maior nas dietas com perfil mais fino. Os resultados sugeriram efeitos importantes da granulometria da dieta sobre a produção de leite, o tempo de retenção no trato gastrointestinal e a digestibilidade dos nutrientes.

Em estudo com ovinos e caprinos, Hadjigeorgiou et al. (2003) avaliaram a seleção, o consumo e a resposta digestiva de animais recebendo uma única forragem

preparada em três comprimentos: longo, médio e curto, com os tamanhos médios de partículas, 13,29; 7,26 e 0,69 mm, respectivamente. Os ovinos aumentaram o consumo de MS, reduziram o tempo médio de retenção no trato digestivo e a eficiência digestiva (digestibilidade da MS) com a redução do tamanho médio de partícula. Nos caprinos não houve efeito dos três tamanhos de partícula sobre os parâmetros avaliados. Não ocorreu efeito dos tratamentos sobre o consumo de MS digestível em ambas as espécies. As diferenças de respostas entre as duas espécies parecem ser decorrentes da maior eficiência mastigatória (capacidade de reduzir o tamanho da partícula do alimento) nos caprinos.

1.8- Teores adequados de fibra na dieta de pequenos ruminantes

A formulação de ração baseada no teor de FDN, embora seja um dos mais importantes mecanismos para a realização do balanceamento das dietas, definindo a relação volumoso: concentrado (V:C), não leva em conta diferenças sutis da fibra que estão associadas com a cinética da digestão ou com as características físicas. As características físicas da fibra tornam-se ponto crítico na formulação de rações quando se trabalha próximo aos limites inferiores de relação V:C. Estas características podem influenciar a saúde animal, a fermentação ruminal, o metabolismo animal e a produção de gordura do leite, independentemente da composição de FDN da dieta. O teor de FDN pode ser eficientemente usado para definir os limites inferiores de relação V:C quando misturas contendo forragens longas ou grosseiramente picadas são fornecidas. Porém, quando se usam forragens finamente picadas ou FFNF, o teor de FDN é menos adequado (Mertens, 1997).

1.8.1- Exigências de caprinos e ovinos

A fibra da dieta afeta a performance dos caprinos, influenciando o consumo e a digestibilidade dos nutrientes. Afeta também a atividade mastigatória, a salivação e o ambiente ruminal.

Para caprinos em crescimento a alta densidade energética da dieta pode reduzir o consumo e o ganho de peso. Níveis adequados de fibra são essenciais para adequado desenvolvimento da carcaça de caprinos em crescimento. Cabras leiteiras de alta produção precisam de níveis adequados de fibra na dieta para manter o teor de GL. Isto ocorre devido à necessidade de uma relação acetato:propionato (A:P) ruminal favorável, pois o acetato é o principal precursor da gordura do leite (Lu et al.,

2005). As recomendações dos teores mínimos de fibra na MS da dieta são:

- Cabras lactantes: 18 – 20% de FDA ou 41% de FDN na MS da dieta.

- Animais em crescimento (4 – 8 meses de idade): 23% de FDA na MS da dieta.

O CNCPS de ovinos (Cannas et al., 2003) adota o sistema de FDNfe para predição do pH ruminal e da taxa de passagem ruminal de forragem e concentrado. As recomendações de teores mínimos são de 20% de FDNfe na MS da dieta de ovelhas lactantes de alta produção e de cordeiros em crescimento. Em situações específicas de manejo pode ser necessário teor de 25% de FDNfe na MS da dieta. As concentrações ótimas de FDN e CNF, dependendo do nível de produção da ovelha, podem ser visualizadas na Tab.4.

Tabela 4. Recomendações de concentrações ótimas de fibra em detergente neutro (FDN%) e de carboidratos não fibrosos (CNF¹%) na MS da dieta de ovelhas² em diferentes níveis de produção

PRODUÇÃO DE LEITE (g/d) CORRIGIDA PARA 6,5% DE GORDURA						
	<500	500-799	800-1099	1100-1399	1400-1699	1700-2100
FDN(%MS)	45,0	45,0	44,5	41,2	38,9	33,2
CNF (%MS)	28,0	28,0	28,0	31,0	33,0	38,0

Fonte: Adaptado CNCPS – Ovinos (Cannas, 2002; citado por Cannas et al., 2003); ¹CNF=100-(PB+EE+FDN_p+cinza); ²Estimativas para ovelha com 50 kg de peso vivo.

1.9- Influência da frequência de alimentação na nutrição de ruminantes

O número de vezes que os ruminantes são alimentados diariamente pode afetar o consumo de MS alterando o desempenho animal. Vários trabalhos têm estudado a frequência de alimentação na nutrição de ruminantes e seu efeito sobre o consumo de MS, a digestibilidade dos nutrientes, o desempenho animal, os parâmetros ruminais e a taxa de passagem. Porém, verifica-se ausência de trabalhos avaliando o efeito da

frequência de fornecimento da dieta na nutrição e no desempenho de ovinos recebendo elevada proporção de alimentos concentrados, bem como estudos que avaliem os efeitos associativos entre o manejo nutricional adotado e as características físicas da fibra da dieta.

1.9.1- Efeito sobre o consumo de matéria seca, a digestibilidade aparente e o desempenho animal

Em bovinos o aumento na frequência de fornecimento da dieta provoca incremento na eficiência de utilização dos nutrientes no rúmen, estimulando o consumo de alimentos e melhorando o desempenho animal. Muitas pesquisas vêm buscando aumento no consumo de MS através da mudança na composição de nutrientes na dieta. Porém, o consumo de MS em animais alojados em grupos é também afetado por fatores comportamentais, que são modulados pelo ambiente, pelo manejo, pela saúde e pelas interações sociais (Grant e Albright, 2000, citados por DeVries et al., 2005).

DeVries e von Keyserlingk (2005) relataram que a oferta mais frequente do alimento tem grande impacto no consumo de MS em vacas leiteiras, através do estímulo direto pela presença do alimento. Eles sugeriram que a oferta mais constante do alimento ao longo do dia, além de promover a presença frequente de alimentos frescos, provoca maior distribuição do consumo ao longo dia, através de maior número de visitas ao cocho de alimentação. Animais que recebem a dieta em baixa frequência de fornecimento, tendem a separar os alimentos concentrados dos volumosos, ficando mais suscetíveis à acidose ruminal.

Numa revisão de 35 estudos sobre aumento da frequência de alimentação, Gibson (1984) verificou, pela análise dos resultados, aumento de produção de leite em quatro trabalhos, diminuição em sete e ausência de mudança em 24 destes. Em média, ocorreu 2,7% de aumento na produção de leite e 7,3% de aumento no teor de gordura do leite. Os teores de proteína e lactose do leite não foram afetados pelo manejo nutricional. O autor salientou que quando as vacas são alimentadas com dietas contendo baixo teor de fibra, o que normalmente deprime a concentração de GL, o aumento da

frequência de fornecimento da dieta pode melhorar a saúde do ambiente ruminal e, conseqüentemente, elevar o teor de gordura para níveis normais.

Avaliando a influência do processamento do milho e da frequência de alimentação no desempenho de vacas leiteiras, Dhiman et al. (2002) não observaram efeito do aumento da frequência de alimentação de uma para quatro vezes ao dia sobre o consumo de MS e de nutrientes, e sobre os parâmetros de desempenho. Porém, a digestibilidade da FDN foi aumentada em 19% na maior frequência de fornecimento da dieta, o que pode ser resultado de um ambiente ruminal mais propício para ação dos microorganismos que digerem a fibra.

Klusmeyer et al. (1990) estudaram o efeito de duas frequências de alimentação em vacas leiteiras (duas ou quatro vezes ao dia) e não encontraram efeito sobre o consumo de MS e sobre a produção e composição do leite.

1.9.2- Efeito sobre os parâmetros ruminais

De acordo com o Nutrient...(2001), o aumento da frequência de alimentação pode levar a incremento na produção e alterar a composição do leite, como resultado de fermentação ruminal mais estável. A frequência de alimentação influencia a disponibilidade do amido à ação dos microrganismos do rúmen e a saúde do ambiente nesse órgão (Dhiman et al. 2002). Fornecer o alimento mais vezes ao dia pode diminuir o risco de ocorrência de acidose ruminal em animais recebendo elevada proporção de concentrado na dieta (Yang e Varga, 1989).

A eficiência de utilização do nitrogênio no rúmen é aumentada quando fontes de energia, com taxas de degradação semelhantes às das fontes de nitrogênio, são fornecidas simultaneamente (Prior, 1976). Assim, a frequência de fornecimento da

ração contendo as fontes primárias de energia e de nitrogênio pode ter papel importante na utilização e retenção do nitrogênio dietético. A taxa de liberação de amônia no rúmen, afetada pela frequência de alimentação, pode influenciar os processos metabólicos no fígado e em outros tecidos, e os níveis sanguíneos de uréia e glicose.

O aumento da frequência de alimentação pode reduzir as flutuações nos parâmetros ruminais, minimizando as variações na produção dos ácidos graxos voláteis e aumentando a proporção de acetato no rúmen de bovinos recebendo elevada proporção de concentrado (Froetschel e Amos, 1991). Estes autores também salientaram que o aumento da frequência de fornecimento da dieta para ruminantes complementa o efeito da fibra sobre os parâmetros de fermentação ruminal.

Robinson e McQueen (1994) alimentaram vacas leiteiras com uma dieta basal duas vezes ao dia e um suplemento protéico duas ou cinco vezes ao dia. Eles não observaram efeito sobre a produção e composição do leite, porém ocorreu elevação do pH ruminal e da concentração de ácido propiônico na frequência de suplementação de cinco vezes ao dia.

Klusmeyer et al. (1990) estudaram efeito de duas frequências de alimentação em vacas leiteiras (duas ou quatro vezes ao dia) sobre os parâmetros ruminais. Os autores verificaram valor de pH ruminal inferior na maior frequência de alimentação, resultado da maior concentração de AGVs nesta frequência. A relação acetato: propionato (A:C) foi mais baixa quando a dieta foi oferecida quatro vezes ao dia. Isto ocorreu devido à maior proporção molar de propionato nessa frequência de alimentação.

Dhiman et al. (2002) não observaram efeito do aumento da frequência de alimentação, de uma para quatro vezes ao dia, sobre o pH ruminal, na concentração total de AGVs e sobre a proporção molar individual de cada AGV, em vacas leiteiras.

Segundo Castro et al. (2002), a frequência de fornecimento do concentrado para ovinos pode afetar a quantidade e a natureza dos produtos finais da digestão, através da estabilização do pH ruminal e suprimindo de forma mais constante os microrganismos ruminais com os nutrientes necessários para seu adequando crescimento. Porém, Bunting et al. (1987) salientaram que embora a oferta de alimento em mais frequentes intervalos tende estabilizar os parâmetros ruminais, pode ocorrer aumento no consumo de água, o que incrementa a taxa de passagem ruminal e, conseqüentemente, acelera a remoção de nutrientes potencialmente degradáveis.

1.9.3- Efeito sobre a taxa de passagem

A frequência de fornecimento do alimento pode afetar o fluxo de digesta no trato gastrointestinal de ruminantes, provavelmente por influenciar a motilidade dos órgãos do trato digestivo. A frequência de alimentação tem forte efeito na quantidade de digesta fluindo a partir do abomaso de ruminantes. Em ovinos alimentados uma vez ao dia a taxa de passagem de líquidos foi de 270 mL/h aumentando para 785 mL/h quando a mesma ração foi fornecida três vezes ao dia. O fornecimento do alimento três vezes ao dia pode aumentar em 30% o fluxo de digesta a nível pós-pilórico, quando comparado a uma vez ao dia devido ao aumento na atividade motora e secretória do abomaso. Também, são observados aumentos na secreção salivar e na motilidade ruminal (Church, 1993).

Nocek e Braund (1985) observaram aumento na taxa de passagem de líquidos no rúmen em bovinos alimentados com 60% de concentrado na dieta, fornecido quatro vezes ao dia em relação às frequências de uma e duas vezes ao dia. Ao contrário, Yang e Varga (1989) não observaram efeito do aumento na frequência de alimentação sobre os parâmetros do rúmen e na taxa de passagem de líquidos ruminais. Também,

Dehority e Tirabasso (2001), estudando a influência da frequência de alimentação sobre a concentração de microrganismos e os parâmetros ruminais, não encontraram efeito sobre estas variáveis.

Klusmeyer et al. (1990) verificaram efeito da frequência de alimentação sobre o volume de líquidos ruminais. A oferta de alimentos quatro vezes ao dia promoveu aumento no volume de líquidos ruminais, porém sem alteração na taxa de passagem de líquidos e partículas ruminais.

1.10- Referências Bibliográficas

ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **J. Anim. Sci.** v.74, p.3063-3075, 1996.

ALLEN, M.S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **J. Dairy Sci.** v.80, p.1447-1462, 1997.

ARMENTANO, L.E.; PEREIRA, M.N. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **J. Dairy Sci.** v.80, p.1416-1425, 1997.

ARMENTANO, L.E.; TAYSON, D. Short communication: prediction of mean particle size and proportion of very long fiber particles from simplified sieving results. **J. Dairy Sci.** v.88, p.3982-3985, 2005.

BEAUCHEMIN, K.A.; YANG, W.Z. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. **J. Dairy Sci.** v.88, p.2117-2129, 2005.

BEZERRA, E.S.; QUEIROZ, A.C.; BEZERRA, A.R.G.F. et al. Perfil granulométrico da fibra dietética sobre o tempo médio de retenção e a digestibilidade aparente de dietas para vacas leiteiras. **R. Bras. Zootec.** v.33, p.2378-2386, 2004 (Supl. 3).

BEZERRA, E.S.; QUEIROZ, A.C.; MALDONADO, F. et al. Efeito do perfil granulométrico das partículas dietéticas sobre parâmetros de desempenho de vacas leiteiras em lactação. **R. Bras. Zootec.** v.31, p.1511-1520, 2002.

BUNTING, L.D.; HOWARD, M.B.; MUNTIFERING, R.B. et al. Effect of feeding frequency on forage and nitrogen utilization in sheep. **J. Anim. Sci.**, v.64, p. 1170-1177, 1987.

BORGES, I.; QUINZEIRO NETO, T.; CARMO, M.P. et al. Avaliação de sistemas na caprino e ovinocultura. In: SIMPÓSIO DE CAPRINOS E OVINOS, 1, 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2005. 12 p.

CANNAS, A. Feeding of lactating ewes. In: Pulina, G. (Ed.) **Dairy Sheep Feeding and Nutrition.** Avenue Media, Bologna, Italy. 2002. p.123-166.

CANNAS, A.; FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O. et al. A mechanistic model to predict nutrient requirements and feed biological values for sheep. **J. Anim. Sci.** v.82, p.149-169, 2003.

CASTRO, T.; MANSO, T.; MANTECÓN, A.R. et al. Effect of either once or twice daily concentrate supplementation of wheat straw on voluntary intake and digestion in sheep. **Small Rum. Res.** v.46, p.43-50, 2002.

CHURCH, D.C. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition.** Englewood Cliffs: Waveland, 1993. 564p.

DEHORITY, B.A.; TIRABASSO, P.A. Effect of feeding frequency on bacterial and fungal concentrations, pH, and other parameters in the rumen. **J. Anim. Sci.** v.79, p.2908-2912, 2001.

DeVRIES, T.J.; von KEYSERLINGK, M.A.G.; BEAUCHEMIN, K.A. Frequency of feed delivery affects the behavior of lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** v.88, p.3533-3562, 2005.

- DeVRIES, T.J.; von KEYSERLINGK, M.A.G. Time of feed delivery affects the feeding and lying patterns of dairy cows. **J. Dairy Sci.** v.88, p.625-631, 2005.
- DHIMAN, T.R.; ZAMAN, M.S.; MAcQUEEN, I.S. et al. Influence of corn processing and frequency of feeding on cow performance. **J. Dairy Sci.** v.85, p.217-226, 2002.
- FIRKINS, J.L. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. **J. Dairy Sci.** v.80, p.1426-1437, 1997.
- FROETSCHER, M.A.; AMOS, H.E. Effects of dietary fiber and feeding frequency on ruminal fermentation, digesta water-holding capacity, and fractional turnover of contents. **J. Anim. Sci.** v.69, p.1312-1321, 1991.
- GIBSON, J.P. The effects of frequency of feeding on milk production of dairy cattle: An analysis of published results. **Anim. Prod.** v.38, p.181-189, 1984.
- GRANT, R.J.; ALBRIGHT, J.L. Feeding behavior. In: D'Mello, J.P.F. (Ed.) **Farm Animal Metabolism and Nutrition**. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK. 2000. p.365-382.
- GRANT, R.J.; COTANCH, K.W. Physically effective fiber for dairy cows: current perspectives. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS. 2005. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University Press, p.176-185, 2005.
- GRANT, R.J. Interactions among forages and nonforage fiber sources. **J. Dairy Sci.** v.80, p.1438-1446, 1997.
- HADJIGEORGIOU, I.E.; GORDON, I.J.; MILNE, J.A. Intake, digestion and selection of roughage with different staple lengths by sheep and goats. **Small Rum. Res.** v.47, p.117-132, 2003.
- KLUSMEYER, T.H.; CAMERON, M.R.; McCOY, G.C. et al. Effects of feed processing and frequency of feeding on ruminal fermentation, milk production, and milk composition. **J. Dairy Sci.** v.73, p.3538-3543, 1990.
- KONONOFF, P.J.; HEINRICHS, A.J.; BUCKMASTER, D.R. Modification of the Penn State Forage and Total Mixed Ration Particle Separator and the effects of moisture content on its measurements. **J. Dairy Sci.** v.86, p.1858-1863, 2003.
- KONONOFF, P.J.; HEINRICHS, A.J. The effect of corn silage particle size and cottonseed hulls on cows in early lactation. **J. Dairy Sci.** v.86, p.2438-2451, 2003.
- KRAUSE, K.M.; OETZEL, G.R. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: a review. **Anim. Feed Sci. Tech.** v.126, p.215-236, 2006.
- LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **J. Dairy Sci.** v.79, p.922-928, 1996.
- LEÃO, M. I.; SILVA, M. M. C.; MAGALHÃES, A. C. M. Etologia e comportamento ingestivo em caprinos e ovinos. In: SIMPÓSIO DE CAPRINOS E OVINOS, 1, 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2005. p.1-10.
- LEONARDI, C.; SHINNERS, K.J.; ARMENTANO, L.E. Effect of Different Dietary Geometric Mean Particle Length and Particle Size Distribution of Oat Silage on Feeding Behavior and Productive Performance of Dairy Cattle. **J. Dairy Sci.** v.88, p.698-710, 2005.
- LU, C.D.; KAWAS, J.R.; MAHGOUB, O.G. Fibre digestion and utilization in goats. **Small Rum. Res.** v.60, p.45-52, 2005.
- MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **J. Dairy Sci.** v.80, p.1463-1481, 1997.
- MERTENS, D.R. Effect of physical characteristics, forage particle size and

- density on forage utilization. In: Proc. Nutrition Symp. Am. Feed Industry Assoc. 1986, St. Louis, MO, p.91, 1986.
- MERTENS, D.R. Measuring fiber and its effectiveness in ruminant diets. 2002. Disponível em: www.cncps.cornell.edu>. Acessado em: 10 agosto 2006.
- NOCEK, J.E.; BRAUND, D.G. Effects of feeding frequency diurnal dry matter and water consumption, liquid dilution rate, and milk yield in first lactation. **J. Dairy Sci.** v.68, p.2238-2247, 1985.
- NUTRIENT requirements of dairy cattle. 7.ed. Washington, D.C.: National Academic, 2001. 381p.
- OSHITA, T.; NONAKA, K.; KUME, S. et al. Effects of forage type on particle size distribution of ruminal digesta and faeces of non-lactating cows fed high quality forage. **Livest. Prod. Sci.** v.91, p.107-115, 2004.
- POPPI, D.P.; HENDRICKSEN, R.E.; MINSON, D.J. The relative resistance o escape of leaf and stem particles from the rumen of cattle and sheep. **J. Agric. Sci.** 105:9, 1985.
- POPPI, D. P.; MINSON, D. J.; TERNOUTH, J. H. Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. 2. Factors controlling the retention of feed in the reticulo-rumen. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 32, p.109-123, 1981.
- PRIOR, R.L. Effects of dietary soy or urea nitrogen and feeding frequency on nitrogen metabolism, glucose metabolism e urinary metabolite excretion in sheep. **J. Anim. Sci.**, v.42, p. 160-167, 1976.
- ROBSON, P.H.; McQUEEN, R.E. Influence of supplemental protein source and feeding frequency on rumen fermentation and performance in dairy cows. **J. Dairy Sci.** v.77, p.1340-1353, 1994.
- SMITH, M.C.; SHERMAN, D.M. **Goat Medicine**. Lea & Febiger: Philadelphia, 1994, 620p.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **J. Anim. Sci.**, v.70, p. 3562-3577, 1992.
- SWAIN, S.M.; ARMENTANO, L.E. Quantitative evaluation of fiber from nonforage sources used to replace alfafa silage. **J. Dairy Sci.** v.77, p.2318-2331, 1994.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994, 476p.
- YANG, C.M.J.; VARGA, G.A. Effects of three concentrate feeding frequencies on rumen protozoa, rumen digesta kinetics, and milk yield in dairy cows. **J. Dairy Sci.** v.72, p.950-957, 1989.
- ZEBELI, Q.; TAJAJ, M.; STEINGASS, H. et al. Effects of physically effective fiber on digestive processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed rations. **J. Dairy Sci.** v.89, p.651-668, 2006.

Capítulo 2 - Efeito do tamanho de partícula do volumoso e da frequência de alimentação sobre o consumo, a digestibilidade aparente e o comportamento ingestivo em ovinos

Effect of the forage particle size and the number of feedings on intake, apparent digestibility and ingestive behavior in sheep

RESUMO

Avaliou-se o efeito de quatro tamanhos de partícula do volumoso (2, 5, 10 e 25 mm) e de dois manejos alimentares (duas ou quatro refeições) sobre o consumo (C), a digestibilidade aparente (DA) e o comportamento ingestivo. Utilizaram-se 24 carneiros com peso vivo médio de 37,0 kg, alimentados com uma relação volumoso:concentrado (V:C) 25:75% (%MS). Foi utilizado o feno de Tifton-85 (*Cynodon* spp.) como volumoso e um concentrado comercial. Adotou-se esquema fatorial 2x4 em delineamento inteiramente ao acaso. Os tratamentos não afetaram as variáveis referentes ao consumo e à DA ($P>0,05$). O consumo médio de matéria seca (CMS) foi de 97,43 g/dia/UTM e a DAMS média observada foi de 66,12%. O consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) foi de 47,22 g/dia/UTM. O menor tamanho de partícula (2 mm) apresentou os menores tempos gastos (minutos/dia) com a ruminação (214,58) e com a atividade mastigatória total (360,41) ($P<0,05$). Os animais gastaram 423,48 min/dia/kg de CFDN ruminando e 676,19 min/dia/kg de CFDN com atividade mastigatória total. Os tempos gastos com a ruminação e com a atividade mastigatória total em ovinos são diminuídos com a redução do tamanho de partícula do volumoso. O tamanho de partícula do volumoso e a frequência de fornecimento da dieta não afetam o C e a DA dos nutrientes em ovinos.

Palavras-chave: atividade mastigatória, fibra em detergente neutro, fibra fisicamente efetiva, ruminação.

ABSTRACT

Intake (I), apparent digestibility (AD) and ingestive behavior were studied in sheep fed in two daily frequencies and four particle size of forage. Twenty-four sheep with live weight (LW) of 37.0 kg were studied in completely randomized design in factorial 2x4 scheme. Tifton-85 hay and a commercial concentrate were used with a ratio of 25:75%, respectively. The responses of intake and AD were not modified with treatments ($P>0,05$). Dry matter intake (DMI) was 97.43 g/day/kgW^{0.75} and DMDA was 66.12%. The intake of neutral detergent fiber (NDFI) was 47.2 g/day/ kgW^{0.75}. Smaller particle size (2 mm) had smaller times of rumination (214.58 minutes/day) and chewing activity (360.41 minutes/day) ($P<0.05$). Animals spent 423.48 minutes/day/kg of NDFI in rumination and 676.19 minutes/day/kg of NDFI in chewing activity. The times spent with rumination and the total chewing activity in sheep are lowered with reducing the particle size of the forage. The particle size of the forage and frequency of feed did not affect the I and AD in sheep.

Keywords: chewing activity, neutral detergent fiber, physically effective fiber, rumination.

2.1- Introdução

O consumo e os coeficientes de DA dos nutrientes são influenciados por vários fatores, como o teor de nutrientes, pelos efeitos associativos entre os alimentos, pela relação V:C e pelo processamento dos alimentos. A redução do tamanho de partícula do volumoso pode elevar a taxa de passagem do alimento no trato gastrointestinal e acarretar aumento do consumo de MS e de nutrientes. Outra alternativa para aumentar a taxa de passagem e o consumo seria elevar a proporção de concentrado na dieta, por ser alimento mais digestível que o volumoso (Van Soest, 1994). Porém, o efeito da redução do tamanho de partícula do volumoso da dieta e do manejo nutricional sobre o consumo e os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes tem sido pouco estudado em ovinos.

De acordo com o Nutrient...(2007) a moagem da forragem tem pouco impacto sobre o consumo e a digestibilidade do alimento, apesar de, alguns trabalhos terem demonstrado alterações sobre estes parâmetros. A diminuição do tamanho de partícula através da moagem fina aumenta a superfície de exposição ao ataque microbiano, incrementando a taxa de digestão das células vegetais potencialmente digestíveis. No entanto, a diminuição do tamanho de partícula não necessariamente eleva a digestibilidade do alimento devido ao aumento no consumo e no fluxo de digesta através do trato gastrointestinal, que ocorrem concomitantemente e que podem resultar na redução da digestibilidade.

A redução do tamanho de partícula da forragem também pode provocar diminuição na atividade mastigatória, influenciando o fluxo salivar, o pH ruminal e deprimir a produção gordura no leite (Allen, 1997; Armentano e Pereira, 1997; Firkins, 1997; Mertens, 1997).

O comportamento ingestivo afeta diretamente as exigências de fibra

(quantidade e efetividade) por influenciar a taxa de ingestão, a efetividade da mastigação e ruminação e, conseqüentemente, o ambiente ruminal. O tempo de ruminação é consideravelmente influenciado pelas características físicas da dieta, como tamanho de partícula (Mertens, 1997), e pelo manejo nutricional adotado, como número de refeições (DeVries et al., 2005). O aumento na oferta do alimento pode estimular a ingestão de MS, o que influencia a taxa de passagem através do trato gastrointestinal e, conseqüentemente, a digestibilidade dos nutrientes (Devries e von Keyserlingk, 2005).

Neste contexto, foram avaliados os efeitos do tamanho de partícula do volumoso e de dois manejos alimentares sobre o consumo, a digestibilidade aparente dos nutrientes e o comportamento ingestivo em ovinos.

2.2- Material e Métodos

O ensaio de digestibilidade aparente e de comportamento ingestivo foi realizado no Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal, localizado na Escola de Veterinária da UFMG em Belo Horizonte (MG), nos meses de agosto e setembro de 2005. As análises laboratoriais foram realizadas nas dependências do Laboratório de Nutrição do Departamento de Zootecnia da EV-UFMG.

A avaliação foi feita utilizando-se 24 carneiros machos com peso vivo médio de 37,0 kg, castrados e alojados em gaiolas de metabolismo providas de cocho, bebedouro e saleiro. Foram realizados dois períodos experimentais, tendo a fase de adaptação duração de 21 dias e a fase de coleta de dados e de amostras duração seis dias. Os animais foram vermifugados no início das atividades experimentais e pesados no início e no final de cada período. As temperaturas máximas e mínimas, durante o ensaio foram em média, respectivamente, 31°C e 21°C e os valores máximos e mínimos de umidade

relativa do ar foram, respectivamente, 90,0% e 28,0%, em média.

As dietas foram balanceadas de acordo com o Nutrient... (1985) para ganho de peso com uma relação V:C 25:75% na MS, deixando-se sobras de 5%. Foi utilizado o feno de Tifton-85 (*Cynodon* spp.) como volumoso e concentrado comercial de manutenção constituído de milho moído (17,2%), farelo de glúten de milho (8,3%), gérmen de milho gordo (15,0%), casca de soja (24,0%), resíduo de feijão (18,0%), farelo de babaçu (12,0%), óleo vegetal (1,0%), melão líquido (1,0%), cloreto de sódio (0,6%), calcário calcítico (2,8%) e premix mineral vitamínico (0,1%), sendo o volumoso fornecido separadamente do concentrado. A composição bromatológica do volumoso, do concentrado e da dieta experimental encontra-se na Tab.5.

Foram adotados dois manejos alimentares denominados F2 e F4, respectivamente: duas refeições diárias às 7h e 19h ou quatro refeições diárias às 7h, 11h, 15h e 19h. O feno foi submetido à desintegração com triturador comercial, dotado de peneiras com

abertura de malhas de quatro tamanhos: T1 – 2 mm, T2 – 5 mm, T3 – 10 mm e T4 – 25 mm; que constituíam respectivamente, os tamanhos de partícula denominados de TP2, TP5, TP10 e TP25. Aproximadamente 500 g do material obtido em cada peneira foram colocados no separador de partículas modelo *Penn State*, contendo duas peneiras (porosidades de 19 e 8 mm) e uma bandeja de fundo, e avaliados de acordo com Lammers et al. (1996). O perfil de distribuição (%) da fibra em detergente neutro (FDN) das partículas do feno e os diâmetros geométricos médios dos diferentes tratamentos são apresentados na Tab.6. O fator de efetividade física (fef) dos diferentes tamanhos de partícula foi determinada como a fração da MS retida acima da peneira com porosidade de 8 mm, e a fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe) obtida pela multiplicação do fef pelo teor da FDN da amostra de feno. O diâmetro geométrico médio (Dgm) e o desvio-padrão geométrico médio (Sgm) foram calculados conforme o ASAE (2001), citado por Kononoff e Heinrichs (2003).

Tabela 5. Composição bromatológica do feno (FEN), do concentrado (CONC) e da dieta utilizada

Item	FEN	CONC	DIETA ²
MS (%)	89,45	87,91	88,30
MO ¹	94,11	92,18	92,66
PB ¹	4,89	19,38	15,75
EE ¹	1,52	1,04	1,16
Cinzas ¹	5,09	9,13	8,12
CNF ¹	10,44	32,21	26,77
FDN ¹	77,25	39,56	48,98
FDA ¹	36,50	21,50	25,25
LIG ¹	2,25	4,12	3,65

MS - matéria seca; MO - matéria orgânica; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; CNF - carboidratos não fibrosos; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; LIG - lignina.

¹ % da MS.

²Dieta contendo 75% de concentrado na MS.

Durante a coleta foram pesados e amostrados diariamente o alimento oferecido, as sobras e as fezes, fazendo-se um *pool* das amostras para cada animal dos cinco dias coletados. As fezes foram recolhidas em bandejas plásticas e a urina acondicionada em baldes adaptados com tela separadora e contendo 100 mL de ácido sulfúrico 2 N. As amostras de alimentos, sobras e fezes foram pré-secas em estufa ventilada a 55°C e moídas a 1 mm e a urina mantida congelada. Para as amostras de alimento oferecido, sobras e fezes foram realizadas as análises de MS a 105°C,

proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e cinzas, conforme técnicas descritas por Silva e Queiroz (2002). As análises de FDN e fibra em detergente ácido (FDA) foram realizadas de acordo com a metodologia de Van Soest et al. (1991). Nos alimentos oferecidos também foi determinado o teor de lignina, conforme técnica descrita por Silva e Queiroz (2002). Os coeficientes de digestibilidade aparente foram calculados a partir da relação entre o consumo e a excreção fecal dos nutrientes. O cálculo do teor de matéria orgânica (MO) foi feito pela diferença entre o teor de MS e de cinzas.

Tabela 6. Perfil de distribuição (%) da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) das partículas em função dos tratamentos

Tamanho de partícula	Tratamento			
	TP2	TP5	TP10	TP25
% MS retida				
> 19 mm	0,00	0,00	17,81	40,18
8 – 19 mm	0,00	35,35	14,42	14,88
< 8 mm	100,00	64,65	67,77	44,94
Dgm (mm)	0,83	2,14	2,34	5,26
Sgm (mm)	1,00	4,94	6,28	12,22
% FDN retida				
> 19 mm	0,00	0,00	18,15	40,19
8 – 19 mm	0,00	36,81	14,89	14,71
< 8 mm	100,00	63,19	66,96	45,10
Fef	0,00	0,37	0,33	0,55
FDNfe (%MS)	0,00	28,58	25,49	42,49

TP2 – tamanho de partícula de 2 mm; TP5 – tamanho de partícula de 5 mm; TP10 – tamanho de partícula de 10 mm; TP25 – tamanho de partícula de 25 mm.

Dgm – diâmetro geométrico médio calculado conforme ASAE (2001); Sgm – desvio padrão geométrico médio calculado conforme ASAE (2001).

fef – fator de efetividade física $[(100 - \% \text{ de MS} < 8 \text{ mm})/100]$; FDNfe (%MS)– fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (fef * %FDN do feno) expressa como porcentagem da matéria seca.

A concentração de carboidratos não fibrosos (CNF) dos alimentos foi obtida pela equação: $100 - (\% \text{FDN} + \% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{cinzas})$, de acordo com Weiss (1999). Os

teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados por meio da equação de Weiss (1999): $\text{NDT} = \text{PBD} + (2,25 \times \text{EED}) + \text{FDND} + \text{CNFD}$, em que PBD = proteína

bruta digestível; EED = extrato etéreo digestível; FDND = fibra em detergente neutro digestível; CNFD = carboidratos não fibrosos digestíveis.

Para o estudo de comportamento ingestivo, os animais foram observados durante 24 horas ininterruptas, no primeiro dia do período de coletas, sendo que a cada cinco minutos eram feitas anotações sobre a atividade dos animais. As variáveis analisadas foram: tempos de ingestão de água e de sal, em ócio, ruminação, ingestão de ração e atividade mastigatória total (tempo de ruminação + tempo de ingestão de ração). Para quantificar o tempo de cada variável em minutos multiplicou-se o número de observações por cinco.

As fezes foram caracterizadas através de avaliação visual, por dois avaliadores, sendo classificadas por meio de escore de um a seis, sendo: 1 – fezes ressecadas e sem brilho, 2 – fezes normais, 3 – fezes ligeiramente amolecidas, 4 – fezes amolecidas, perdendo o formato e coladas umas às outras, 5 – fezes amolecidas e sem o formato normal, 6 – fezes diarréicas.

O consumo de sal mineral foi obtido pela diferença da quantidade oferecida diariamente (150 gramas) e a sobra diária. Para se obter o valor da sobra, o sal que permanecia no saleiro era colocado em estufa ventilada, regulada para 55 °C por período de 24 horas.

Para se obter o consumo de água, foi mensurada a sobra diária de água com o auxílio de proveta graduada. As quantidades de água ofertada e as respectivas sobras foram medidas individualmente e devidamente anotadas. A evaporação diária também foi avaliada utilizando-se balde com a mesma quantidade de água. Ao final do período de coletas, a média do consumo dos

cinco dias foi calculada e descontada do valor médio da evaporação durante o mesmo período, obtendo-se assim o valor do consumo de água para o período.

Os dados foram avaliados por meio de análises de variância e regressão utilizando-se o SAEG 8.0 (Sistema..., 1998). Adotou-se esquema fatorial 2x4, sendo duas freqüências de alimentação e quatro tamanhos de partícula do feno, em delineamento inteiramente ao acaso, com seis repetições (animais). Para comparação das médias das variáveis foi utilizado o teste SNK, em nível de 5%.

2.3- Resultados e Discussão

Os resultados do consumo de nutrientes são demonstrados na Tab.7. Não houve interação entre os diferentes tamanhos de partícula e a freqüência de alimentação, que não afetaram as variáveis referentes ao consumo de nutrientes ($P>0,05$).

Os consumos médios de MS em g/dia, %PV e g/dia/UTM foram, respectivamente, de 1.473,38; 3,94 e 97,43. As médias do CPB e do CNDT não diferiram entre os tratamentos, sendo 233,51 g/dia e 956,16 g/dia, respectivamente.

Castro et al. (2002), avaliaram o efeito da freqüência da suplementação de concentrado sobre o consumo voluntário de MS (CMS) em ovinos recebendo apenas volumoso ou suplementados com 450,0g/dia de concentrado. Encontraram aumento no CMS com o aumento da freqüência de suplementação de uma para duas vezes ao dia. O CMS médio relatado por estes autores foi de 20,20 g/kg de PV, valor bem inferior ao observado no presente trabalho, de 39,05 g/kg de PV.

Tabela 7. Médias e coeficientes de variação (CV) do consumo de matéria seca (CMS), de matéria orgânica (CMO), de proteína bruta (CPB), de extrato etéreo (CEE), de carboidratos não fibrosos (CCNF), de fibra em detergente neutro (CFDN), de fibra em detergente ácido (CFDA) e de nutrientes digestíveis totais (CNDT) nos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos								Média	CV (%)
	F2				F4					
	TP2	TP5	TP10	TP25	TP2	TP5	TP10	TP25		
PV (kg)	38,35	36,77	35,63	38,74	41,01	36,43	38,44	36,45	37,72	-
UTM (kg)	15,40	14,91	14,54	15,51	16,20	14,79	15,43	14,80	15,19	-
CMS (g/dia)*	1537	1470	1418	1515	1510	1552	1472	1309	1473,3	16,68
CMS (%PV)*	4,03	4,11	4,11	3,94	3,68	4,20	3,83	3,67	3,94	18,97
CMS (g/UTM)*	100,1	100,4	99,3	98,0	93,2	103,3	95,3	89,5	97,43	17,31
CMO (g/dia)*	1425	1362	1314	1403	1399	1437	1364	1212	1365,0	18,88
CPB (g/dia)*	242,0	233,7	219,7	244,8	238,1	247,4	234,3	207,7	233,51	17,71
CEE (g/dia)*	17,85	16,99	16,25	17,38	17,51	17,91	17,01	15,14	17,00	16,75
CCNF (g/dia)*	411,2	396,6	373,3	414,6	404,4	419,6	397,6	352,5	396,26	17,62
CFDN (g/dia)*	754,8	715,4	695,3	726,8	740,0	754,0	715,4	637,2	717,38	16,06
CFDN (%PV)*	1,97	2,00	2,01	1,89	1,80	2,04	1,85	1,78	1,92	18,19
CFDA (g/dia)*	389,1	369,0	358,4	375,4	381,4	389,6	369,0	328,1	370,03	16,18
CNDT (g/dia)*	1011	968	939	1048	963	967	924	825	956,16	18,19

*Não houve diferença entre tratamentos (SNK; $p>0,05$).

F2 – frequência de alimentação duas vezes ao dia; F4 – frequência de alimentação quatro vezes ao dia; TP2 – tamanho de partícula de 2 mm; TP5 – tamanho de partícula de 5 mm; TP10 – tamanho de partícula de 10 mm; TP25 – tamanho de partícula de 25 mm.

PV – peso vivo; UTM – unidade de tamanho metabólico ($\text{kg PV}^{0,75}$).

Hadjigeorgiou et al. (2003), avaliaram a seleção, o consumo e a resposta digestiva de animais recebendo apenas volumoso preparado em três comprimentos: longo, médio e curto com os tamanhos médios de partículas, 13,29; 7,26 e 0,69 mm, respectivamente. Observaram aumento no CMS com a redução do tamanho de partícula do volumoso em ovinos, sendo relatados valores em g/dia/UTM de 60,1; 61,1 e 66,2 nos tamanhos longo (13,29 mm), médio (7,26 mm) e curto (0,69 mm), respectivamente, valores inferiores aos observados no presente estudo.

Estudando o efeito de diferentes relações V:C, em cordeiros mestiços e da raça Santa

Inês recebendo como volumoso feno de Tifton-85, Silva et al. (2004) encontraram na menor relação V:C (40% de volumoso) os valores médios de 101,97; 97,15; 35,51, 42,96 e 16,13 para o CMS, CMO, CFDN, CCNF e CPB, em g/dia/UTM, respectivamente. Estes valores são superiores aos observados no presente estudo, de 97,43; 89,86; 26,08 e 15,37 em g/dia/UTM para CMS, CMO, CNF e CPB, respectivamente, e inferior ao observado para CFDN de 47,22g/dia/UTM.

Macedo Júnior et al. (2006) estudando a influência de diferentes níveis de FDN dietético em ovelhas da raça Santa Inês, relataram CMS de 1.380,02 g/dia e 74,25

g/dia/UTM, e o CMO de 70,95 g/dia/UTM; CPB de 15,53 g/dia/UTM; CFDN de 26,34 g/dia/UTM e CFDA de 7,33 g/dia/UTM, para a dieta contendo 20% de feno Coast-cross (*Cynodon* spp.), valores inferiores ou próximos aos observados no presente estudo.

O CFDN observado foi de 1,92% do PV e 47,22 g/dia/UTM, valores superiores ao citado por Forbes (1995) de 35 g/dia/UTM, como sendo o valor em que começariam a prevalecer os fatores reguladores do CMS em ovinos relacionados com o enchimento do trato gastrointestinal e o efeito físico da

dieta. No entanto, o concentrado utilizado no presente estudo apresentou elevado teor de FDN (39,56% da MS), valor este que correspondeu à 60,57% da FDN da dieta, sendo esta fibra oriunda de subprodutos moídos (fonte de fibra não forrageira – FFNF) que, consequentemente, apresentam taxa de passagem mais elevada e menor efeito físico sobre o consumo.

Os diferentes tamanhos de partícula e a frequência de alimentação não afetaram as variáveis de digestibilidade dos nutrientes ($P>0,05$), não havendo interação entre os tratamentos (Tab.8).

Tabela 8. Médias e coeficientes de variação (CV) da digestibilidade aparente (%) da matéria seca (DAMS), da matéria orgânica (DAMO), da proteína bruta (DAPB), do extrato etéreo (DAEE), dos carboidratos não-fibrosos (DACNF), da fibra em detergente neutro (DAFDN), da fibra em detergente ácido (DAFDA) e o teor de nutrientes digestíveis totais (NDT, %) nos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos								Média	CV (%)
	F2				F4					
	TP2	TP5	TP10	TP25	TP2	TP5	TP10	TP25		
DAMS*	66,60	66,78	69,28	70,79	64,53	63,43	63,89	63,61	66,12	6,20
DAMO*	70,13	70,26	72,05	73,78	68,13	66,47	66,97	67,29	69,38	5,50
DAPB*	70,18	68,16	71,21	72,36	68,81	65,80	66,65	65,15	68,54	5,24
DAEE*	47,82	44,77	53,30	43,42	43,29	43,72	40,32	48,48	45,64	21,21
DACNF*	90,51	88,62	86,88	90,03	88,78	87,77	86,84	85,67	88,14	4,29
DAFDN*	59,63	61,43	64,50	65,77	57,23	55,54	56,67	58,26	59,88	9,00
DAFDA*	56,90	59,54	62,23	63,43	54,86	53,34	55,43	56,93	57,83	10,45
NDT*	65,74	65,72	67,19	68,84	63,77	62,21	62,55	63,00	64,88	5,11

*Não houve diferença entre tratamentos (SNK; $p>0,05$).

F2 – frequência de alimentação duas vezes ao dia; F4 – frequência de alimentação quatro vezes ao dia; TP2 – tamanho de partícula de 2 mm; TP5 – tamanho de partícula de 5 mm; TP10 – tamanho de partícula de 10 mm; TP25 – tamanho de partícula de 25 mm.

A DAMS variou de 63,43% (F4TP5) a 70,79% (F2TP25), sendo a média observada de 66,12%. Este valor de DAMS pode ser considerado elevado ($>60,0\%$), sugerindo que no presente ensaio de digestibilidade estariam prevalecendo mecanismos de controle do CMS baseados na densidade energética da dieta (Van Soest, 1994). As

médias da DAMO, DAPB, DAEE, DACNF, DAFDN, DAFDA e o teor de NDT da dieta não diferiram entre os tratamentos, apresentando os valores de 69,38%, 68,54%, 45,64%, 88,14%, 59,88%, 57,83% e 64,88%, respectivamente.

Avaliando o efeito da frequência da suplementação com concentrado sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes, Castro et al. (2002) observaram que o aumento da frequência de suplementação não afetou estas variáveis. Os valores médios encontrados para DAMS, DAMO e DAFDN foram, respectivamente, 56,8%, 58,8% e 47,1%, valores inferiores aos do presente estudo.

Ao contrário do presente trabalho, Hadjigeorgiou et al. (2003) observaram redução linear na digestibilidade aparente dos nutrientes com a redução do tamanho de partícula do volumoso em ovinos, sendo relatados os valores para a DAMS de 52,4%, 52,2% e 49,3%, respectivamente, nos tamanhos longo (13,29 mm), médio (7,26 mm) e curto (0,69 mm). Para a DAMO foram encontrados os valores de 52,4%, 53,7% e 51,0%, respectivamente. Para a DAPB foram encontrados para os respectivos tamanhos de partícula, 48,2%, 47,7% e 45% e para a DAFDN os valores de 52,1%, 53,3% e 47,5%, valores inferiores aos observados no presente estudo, nos diferentes tamanhos de partícula.

Silva et al. (2004) observaram na menor relação V:C (40% de volumoso) os valores médios de 65,49%, 63,85%, 67,10%, 17,94% para a DAMS, DAMO, DAPB e DAFDN, respectivamente. Estes valores são inferiores aos observados no presente estudo.

Macedo Júnior et al. (2006) relataram, para dieta contendo 20% de feno Coast-cross (*Cynodon* spp.), valores superiores para a DAMS, DAMO e DAPB em % de 74,24, 75,87 e 74,95; e inferiores para a DAFDN e DAFDA em % de 55,78 e 50,75, respectivamente, em comparação com as dietas contendo teores mais elevados de feno.

Embora fosse esperado que a redução do tamanho de partícula do volumoso elevasse a taxa de passagem do alimento no trato gastrointestinal, o que acarretaria em aumento

do consumo e da digestibilidade aparente da MS e dos nutrientes (Van Soest, 1994; Allen, 1996), estes efeitos não foram observados. O menor tamanho de partícula do volumoso pode ter passado mais rapidamente pelo trato digestivo sofrendo, com menor intensidade, os efeitos da digestão.

De acordo com Firkins (1997), as partículas com menor tamanho passam mais rápido pelo rúmen, devido à sua maior densidade, bem como à menor resistência para atravessar o orifício retículo-omasal. Provavelmente, a baixa participação proporcional do volumoso na dieta do presente ensaio fez com que o processamento do mesmo, pela moagem, tivesse pouco efeito sobre os parâmetros totais de consumo de nutrientes.

Como citado anteriormente, o concentrado utilizado no presente estudo apresentou elevado teor de FDN que correspondeu à 60,57% da FDN da dieta, sendo esta fibra oriunda de subprodutos, moídos que, conseqüentemente, apresentam taxa de passagem mais elevada e menor efeito físico sobre o consumo e maior digestibilidade do que a FDN forrageira. As FFNF têm FDN potencialmente degradável, pequeno tamanho de partícula e alta gravidade específica, apresentando maior taxa de passagem ruminal e, conseqüentemente, estimulam menos a ruminação do que as forragens. Uma grande proporção da FDN potencialmente disponível das FFNF pode escapar da fermentação ruminal, resultando em menor produção de AGVs no rúmen (Firkins, 1997). Devido ao pequeno tamanho de partícula e à alta gravidade específica, o que aumenta a taxa ruminal de passagem, as FFNF determinam redução na digestibilidade ruminal da FDN quando entram em grandes quantidades na dieta (Grant, 1997).

Observa-se que o aumento na frequência de fornecimento da dieta melhora a eficiência de utilização dos nutrientes no rúmen,

estimulando o consumo de alimentos e melhorando o desempenho animal (DeVries et al., 2005), porém verificou-se ausência de efeito desta variável sobre os parâmetros de consumo e digestibilidade aparente avaliados.

Na Tab.9 são apresentados os dados do comportamento ingestivo nos ovinos dos diferentes tratamentos. Houve efeito do tamanho de partícula do volumoso sobre o tempo gasto (minutos/dia) com ruminação (RUM) e com a mastigação total (MAST) ($P < 0,05$). Sobre as demais variáveis estudadas não houve efeito nem do tamanho de partícula e nem da frequência de alimentação ($P > 0,05$).

Foram obtidos com o TP2 os menores tempos gastos (minutos/dia) com a ruminação (RUM) e com a atividade mastigatória total (MAST), sendo encontradas as médias de 214,58 e 360,4 que corresponderam, respectivamente, a 68,79% e 72% dos tempos gastos com estas variáveis nos demais tratamentos. O efeito do tamanho de partícula sobre a atividade mastigatória total (MAST) ocorreu devido à influência do tempo gasto com a ruminação (RUM) sobre essa variável. As médias de tempos gastos (minutos/dia) com a ruminação (RUM) e com atividade mastigatória total foram 295,70 e 473,91, respectivamente. Os animais passaram em média 9,66 min/dia ingerindo água (ING H₂O), 22,22 min/dia ingerindo mistura mineral (ING MM), 934,72 min/dia em ócio e 178,20 min/dia ingerindo alimentos (ING).

Realizou-se análise de regressão dos tempos de ruminação (RUM) e de atividade mastigatória total (MAST) em função do diâmetro geométrico médio das partículas do volumoso utilizado, sendo encontrado efeito quadrático, conforme pode ser verificado nas equações abaixo:

$$Y = 116,245 + 1,40059X - 0,0018104X^2$$

(sendo X = Dgm em mm x 100; $P = 0,01$; $R^2 = 0,31$).

$$Y = 165,453 + 2,220379X - 0,00279962X^2$$

(sendo X = Dgm em mm x 100; $P = 0,001$; $R^2 = 0,47$).

Hadjigeorgiou et al. (2003) observaram efeito ($P < 0,01$) do tamanho de partícula do volumoso sobre as variáveis de tempos gastos com ingestão e ruminação. Foram encontrados os valores de 352,8 min/dia para o maior comprimento de partícula, 329,7 min/dia para o comprimento médio, 260,6 min/dia para o menor comprimento de partícula do volumoso e média de 314,36 min/dia para a variável tempo gasto com ingestão, valor bem superior ao encontrado no presente estudo. O tempo gasto com ruminação foi de 547,2 min/dia no maior comprimento de partícula do volumoso, 576,0 min/dia no comprimento médio, 627,84 min/dia no menor tamanho e média de 583,6 min/dia, valores também superiores aos encontrados no presente estudo. Ao contrário do esperado, estes autores observaram redução do tempo gasto com ruminação à medida que se aumentou o comprimento de partícula do volumoso. Não houve efeito ($P > 0,01$) do tamanho de partícula sobre a atividade mastigatória total, que apresentou valor médio de 899,0 min/dia, valor superior ao encontrado no presente estudo.

Macedo Júnior (2004) avaliou o comportamento ingestivo em ovelhas recebendo dieta contendo 20% de feno Coast-cross (*Cynodon* spp.) e observou tempo gasto com ruminação de 358,13 min/dia e com ingestão de 185,63 min/dia, valores superiores aos observados no presente estudo, com ócio de 896,25 min/dia, valor inferior ao do presente estudo.

Tabela 9. Efeito de diferentes tamanhos de partícula do volumoso e da frequência de alimentação no comportamento ingestivo (minutos/dia) em ovinos

Variável Comportamento Ingestivo	Tamanho de partícula				Frequência		Média
	TP2	TP5	TP10	TP25	F2	F4	
ING. H ₂ O	8,33A	8,33A	12,83A	9,16A	10,16a	9,16a	9,66
ING. MM	27,08A	17,91A	22,66A	21,25A	19,66a	24,79a	22,22
ÓCIO	1044,5A	868,3B	924,3B	901,6B	941,9a	927,5a	934,70
RUM	214,58B	358,75A	282,83A	326,66A	278,91a	312,50a	295,70
ING	145,83A	187,91A	198,25A	180,83A	189,95a	166,45a	178,20
MAST	360,41B	546,66A	481,08A	507,50A	468,8a	478,9a	473,9

Médias nos diferentes tamanhos de partícula seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Médias nas diferentes dietas seguidas de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

F2 – frequência de alimentação duas vezes ao dia; F4 – frequência de alimentação quatro vezes ao dia; TP2 – tamanho de partícula de 2 mm; TP5 – tamanho de partícula de 5 mm; TP10 – tamanho de partícula de 10 mm; TP25 – tamanho de partícula de 25 mm.

ING. H₂O – tempo ingerindo água; ING. MM – tempo ingerindo mistura mineral; ÓCIO – tempo em ócio; RUM – tempo ruminando; ING – tempo ingerindo ração; MAST – atividade mastigatória total (tempo ruminando + tempo ingerindo ração).

Coefficiente de Variação (CV %) ING H₂O = 105,37; CV ING. MM = 60,71; CV ÓCIO = 10,97; CV RUM. = 25,51; CV ING. = 31,77; CV MAST. = 21,66.

Na Tab.10 são apresentadas as relações entre as variáveis do comportamento ingestivo (RUM, ING e MAST) e o CFDN, sendo encontrada interação entre o tamanho de partícula do volumoso e a frequência de alimentação ($P < 0,05$).

Observa-se que na relação entre o tempo de ruminação (RUM – min/dia) e o CFDN (kg/dia) ocorreu efeito apenas do tamanho de partícula, tendo o menor tamanho de partícula (TP2) a menor relação média encontrada (288,41 min/dia/kg de CFDN), mostrando que em CFDN semelhantes, os animais passaram menos tempo ruminando neste tratamento. Em média, os animais gastaram 423,48 min/dia/kg de CFDN.

No TP2, os animais que receberam F4 gastaram menos tempo ingerindo (ING) por

kg/dia de CFDN. Os animais que recebiam o tamanho de partícula TP10 apresentaram a maior relação ING/CFDN em relação ao TP2, apresentando os demais animais valores intermediários. A média de tempo gasto (min/dia) com ingestão por kg de CFDN foi de 252,62.

Os animais que foram alimentados com o TP2 apresentaram a menor relação entre a atividade mastigatória total (MAST – min/dia) e o CFDN(kg/dia). Os animais gastaram, em média, 676,19 min/dia/kg de CFDN. Este valor é bem superior ao relatado por Mertens (1997) para bovinos leiteiros, que adotou como padrão, o feno de gramínea longo que promoveria o tempo médio de 150 minutos de mastigação por kg de FDN.

Tabela 10. Relação entre o tempo ruminando (RUM., min/dia), ingerindo (ING., min/dia) e de atividade mastigatória total (MAST., min./dia) com o consumo de fibra em detergente neutro (CFDN, kg/dia) de diferentes tamanhos de partícula do volumoso em ovinos recebendo a dieta em duas frequências de alimentação

Relação	Tamanho de partícula				Média
	TP2	TP5	TP10	TP25	
RUM./CFDN					
F2	283,74Aa	445,97Aa	400,57Aa	418,28Aa	387,14
F4	293,09Aa	570,76Aa	411,64Aa	564,49Aa	460,00
Média	288,41B	508,37A	406,10A	491,38a	
ING./CFDN					
F2	245,59Aa	251,47Aa	334,99Aa	229,48Aa	265,38
F4	144,25Bb	262,25Aa	242,13Aa	310,82Aa	239,86
Média	194,92B	256,86AB	288,55A	270,15AB	
MAST./CFDN					
F2	529,33Aa	697,44Aa	735,55Aa	647,75Aa	652,52
F4	437,34Aa	833,01Aa	653,76Aa	875,31Aa	699,86
Média	483,33	765,23	694,66	761,53	

Médias nos diferentes tamanhos de partícula seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Médias nas diferentes dietas seguidas de letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

F2 – frequência de alimentação duas vezes ao dia; F4 – frequência de alimentação quatro vezes ao dia; TP2 – tamanho de partícula de 2 mm; TP5 – tamanho de partícula de 5 mm; TP10 – tamanho de partícula de 10 mm; TP25 – tamanho de partícula de 25 mm.

Coefficiente de Variação (CV %) ING./CFDN = 32,35; CV RUM./CFDN = 31,14; MAST./CFDN = 24,86.

Macedo Júnior (2004) observou em ovinos recebendo dieta contendo 20% de feno Coast-cross (*Cynodon* spp.), que os animais gastaram 390,01min/kg de FDN com a ingestão e 756,96min/kg de FDN com a ruminação, valores superiores aos observados no presente estudo.

No presente trabalho, a redução do tamanho de partícula para 2mm afetou o tempo gasto com a ruminação e, conseqüentemente, com a atividade mastigatória total, mostrando a importância do tamanho de partícula do volumoso nestas variáveis fisiológicas. As características físicas da fibra, principalmente o tamanho de partícula,

influenciam a ruminação e a atividade mastigatória, sendo o tamanho limite 1,18mm, correspondente às partículas que não atravessam o orifício retículo-omasal em bovinos (Mertens, 1997).

Deve-se ressaltar que as características químicas do alimento também podem influenciar a atividade mastigatória, como por exemplo, o teor de lignina que aumenta a resistência da fração fibrosa à mastigação, aumentando assim o tempo necessário para a redução das partículas. A atividade mastigatória relaciona-se também com o tipo de animal, tamanho e idade do mesmo, ingestão de MS e com a técnica de medição

adotada (Mertens, 1997). Isto pode explicar a diferença entre o tempo de atividade mastigatória total/dia/kg de CFDN (676,19) observado e o valor sugerido como padrão (150 min de atividade mastigatória total/kg de CFDN) para classificação da efetividade física das gramíneas.

Não foram encontrados na literatura relatos do efeito da frequência de alimentação sobre as variáveis do comportamento ingestivo em ovinos.

A Fig. 4 apresenta os valores médios da classificação das fezes por meio de escore, não tendo ocorrido efeito do tamanho de partícula do volumoso e da frequência de alimentação sobre esta variável ($P>0,05$).

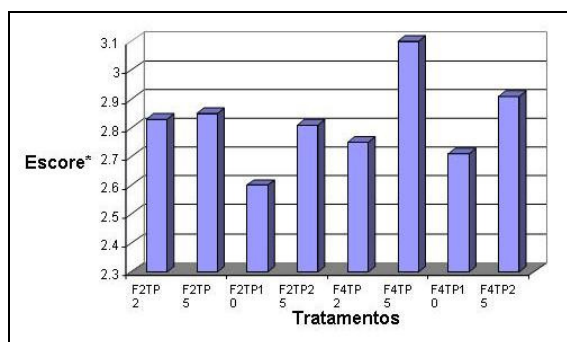


Figura 4. Avaliação do escore fecal em ovinos recebendo volumoso com diferentes tamanhos de partícula e alimentados em duas frequências de alimentação

*Não houve diferença entre tratamentos (SNK; $p>0,05$).

F2 – frequência de alimentação duas vezes ao dia; F4 – frequência de alimentação quatro vezes ao dia; TP2 – tamanho de partícula 2mm; TP5 – tamanho de partícula 5mm; TP10 – tamanho de partícula 10mm; TP25 – tamanho de partícula 25mm.

Coefficiente de Variação (CV %) = 22,24.

O escore de fezes variou de 2,6 no tratamento F2TP10 à 3,1 no tratamento F4TP5 e apresentou o valor médio de 2,8, bem próximo do ideal (2) e sendo caracterizadas como normais, porém ligeiramente amolecidas. Este achado é um

indicativo da condição de saúde dos animais, que esteve dentro da normalidade.

2.4- Conclusões

Os tempos gastos com a ruminação e com a atividade mastigatória total em ovinos são diminuídos com a redução do tamanho de partícula do volumoso. O tamanho de partícula do volumoso e a frequência de fornecimento da dieta não afetam o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes em ovinos.

2.5- Referências Bibliográficas

ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **J. Anim. Sci.** v.74, p.3063-3075, 1996.

ALLEN, M.S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **J. Dairy Sci.** v.80, p.1447-1462, 1997.

ARMENTANO, L.E.; PEREIRA, M.N. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **J. Dairy Sci.** v.80, p.1416-1425, 1997.

ASAE. S424. **Method of determining and expressing particle size of chopped forage materials by sieving.** In Standards. Am. Soc. Agric. Eng. St. Joseph, MI, 2001.

CASTRO, T.; MANSO, T.; MANTECÓN, A.R. et al. Effect of either once or twice daily concentrate supplementation of wheat straw on voluntary intake and digestion in sheep. **Small Rum. Res.** v.46, p.43-50, 2002.

DeVRIES, T.J.; von KEYSERLINGK, M.A.G.; BEAUCHEMIN, K.A. Frequency of feed delivery affects the behavior of lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** v.88, p.3533-3562, 2005.

DeVRIES, T.J.; von KEYSERLINGK, M.A.G. Time of feed delivery affects the

- feeding and lying patterns of dairy cows. **J. Dairy Sci.** v.88, p.625-631, 2005.
- FIRKINS, J.L. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. **J. Dairy Sci.** v.80, p.1426-1437, 1997.
- FORBES, J.M. **Voluntary food intake and diet selection by farm animals.** Madison: CAB International, 1995. 532p.
- GRANT, R.J. Interactions among forages and nonforage fiber sources. **J. Dairy Sci.** v.80, p.1438-1446, 1997.
- HADJIGEORGIOU, I.E.; GORDON, I.J.; MILNE, J.A. Intake, digestion and selection of roughage with different staple lengths by sheep and goats. **Small Rum. Res.** v.47, p.117-132, 2003.
- KONONOFF, P.J.; HEINRICHS, A.J. The effect of corn silage particle size and cottonseed hulls on cows in early lactation. **J. Dairy Sci.** v.86, p.2438-2451, 2003.
- LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **J. Dairy Sci.** v.79, p.922-928, 1996.
- MACEDO JÚNIOR, G.L. **Influência de diferentes níveis de FDN dietético no consumo, digestibilidade aparente e no comportamento ingestivo de ovelhas Santa Inês.** 2004. 127f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- MACEDO JÚNIOR, G.L.; PÉREZ, J.R.O.; ALMEIDA, T.R.V. et al. Influência de diferentes níveis de FDN dietético no consumo e digestibilidade aparente de ovelhas Santa Inês. **Ciênc. Agrotec.** v.30, p.547-553, 2006.
- MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **J. Dairy Sci.** v.80, p.1463-1481, 1997.
- NUTRIENT requirements of sheep. 6 ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 1985. 99p.
- NUTRIENT requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, D.C.: National Academic Press, 2007. 362p.
- SISTEMA de análises estatísticas e genéticas. SAEG 8.0. Viçosa: UFV, 1998.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SILVA, A.M.A.; SILVA SOBRINHO, A.G.; TRINDADE, I.A.C.M. et al. Food Intake and digestive efficiency in temperate wool and tropic semi-arid hair lambs fed different concentrate:forage ratio diets. **Small Rum. Res.** v.55, p.107-115, 2004.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994, 476p.
- 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. **J. Dairy Sci.**, v.74, p.3583-3597, 1991.
- WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61., 1999, **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.

Capítulo 3 - Efeito do tamanho de partícula do volumoso e da frequência de alimentação sobre a taxa de passagem de sólidos, os parâmetros de fermentação ruminal e metabólicos em ovinos

Effect of the forage particle size and the number of feedings on passage of digesta particles from the rumen, parameters of ruminal fermentation and metabolic in sheep

RESUMO

Oito ovinos com peso vivo (PV) médio de 52,5 kg, foram avaliados em esquema fatorial 2x4, sendo duas frequências de alimentação (duas ou quatro refeições diárias) e quatro tamanhos de partícula do feno (2, 5, 10 e 25 mm), em delineamento em blocos ao acaso. Foi empregado o feno de Tifton-85 (*Cynodon spp.*) como volumoso e concentrado comercial utilizando-se uma relação volumoso:concentrado (V:C) de 25:75%. A taxa de passagem ruminal foi, em média, 2,37%/h. O tempo médio de retenção no retículo-rúmen foi 86,86h e o tempo médio de retenção no trato gastrointestinal foi 90,52h. Animais recebendo o menor tamanho de partícula do volumoso (2 mm) apresentaram o menor valor de pH ruminal (6,13) ($P<0,05$), sendo observado pH médio de 6,25 para os animais recebendo os demais tamanhos de partícula. O fornecimento da dieta quatro vezes ao dia (F4) levou ao menor valor de pH ruminal (6,17) ($P<0,05$), em comparação à frequência de alimentação duas vezes ao dia (pH 6,26). O tamanho de partícula do volumoso a 2 mm e o fornecimento da dieta quatro vezes ao dia reduzem o pH ruminal.

Palavras-chave: fibra fisicamente efetiva, fibra mordentada, glicemia, nitrogênio uréico do sangue, pH ruminal.

ABSTRACT

Eight sheep with live weight (LW) of 52.5 kg were studied in completely randomized blocks design in factorial 2x4 scheme, fed in two daily frequencies (twice or four times) and four particle size (2, 5, 10 and 25 mm) of forage. Tifton-85 hay and a commercial concentrate were used with a ratio of 25:75%, respectively. Passage of digesta particles from the rumen was in average 2.37%/h. The retention time in the rumen was 86.86 h and retention time in the digestive tract was 90.52 h. Animals fed with smaller particle size (2 mm) had lower ruminal pH (6.13) ($P<0.05$) and average of ruminal pH was 6.25 for other particle size. Animals fed in daily frequency of four times had lower ruminal pH (6.17) ($P<0.05$) than animals fed twice for day (pH 6.26). Particle size of 2 mm and daily frequency of four times reduces ruminal pH.

Keywords: blood urea nitrogen, glycemia, mordant fiber, physically effective fiber, rumen pH.

3.1- Introdução

A redução do tamanho de partícula e a desintegração da estrutura da parede celular pela ruminação afetam diretamente a degradabilidade e a taxa de passagem ruminal (Van Soest, 1994). A redução do tamanho de partícula pela mastigação

incrementa a taxa de fermentação pelo aumento da área de superfície e pela diminuição na habilidade em reter gases, sendo que ambos interferem na densidade e na passagem da partícula pelo orifício retículo-omasal (Allen, 1996).

O aumento do consumo pode ser alcançado pela redução do tamanho da partícula do volumoso, o que elevaria sua taxa de passagem. Outra alternativa seria o aumento da proporção de concentrado na dieta, por ser um alimento mais digestível que o volumoso (Van Soest, 1994). Entretanto, quando se eleva a proporção de concentrado dietético e se reduz o tamanho da partícula do volumoso, podem ocorrer distúrbios ruminais devido à falta de fibra efetiva, a qual é muito importante na manutenção da saúde ruminal. Além disso, a elevação do consumo de alimentos rapidamente fermentáveis (concentrado) aumentaria a produção de AGVs, especialmente o ácido propiônico, podendo levar a distúrbios que prejudicariam o desempenho animal (Allen, 1997).

Uma das formas de se avaliar a saúde do ambiente ruminal é pela mensuração da variação do pH (Allen, 1997; Mertens, 1997). O pH ruminal pode variar de 5,5 até 7,2, com baixos valores sendo detectados após refeições com alta proporção de concentrado. Nesta condição, as bactérias celulolíticas são inibidas, prejudicando a digestão da fibra (Church, 1993).

A disponibilidade de nitrogênio é freqüentemente a principal limitação à digestão ruminal de forragens de baixa qualidade, e a concentração de amônia ruminal pode ser utilizada como índice para monitorar as necessidades de suplementação dietética de nitrogênio (Balcells et al., 1993). A amônia é o principal componente do metabolismo de compostos nitrogenados (N) no rúmen. O “pool” de amônia ruminal é o resultado do balanço entre o aporte de N que chega ao rúmen, os processos fermentativos e absorptivos e a passagem para o omaso (Church, 1993).

A avaliação da condição nutricional dos ruminantes pelo estudo da variação nas concentrações plasmáticas de diversos componentes do sangue é uma importante ferramenta de monitoramento. Os teores

sanguíneos de glicose, ácidos graxos livres (AGL) e corpos cetônicos de animais ruminantes têm sido sugeridos como indicadores do estado nutricional (falta ou excesso de nutrientes) e podem variar entre animais em crescimento, gestantes ou lactantes (Church, 1993).

Vários fatores afetam o nível plasmático de glicose em ruminantes, dentre eles destacam-se a qualidade da dieta, a proporção de volumoso e concentrado, a natureza química do carboidrato, a condição fisiológica (por exemplo, gestação, lactação), entre outros (Church, 1993). Normalmente, os níveis sanguíneos de glicose são elevados no pré-ruminante, diminuindo nos ruminantes adultos, sendo que estes últimos têm importantes mecanismos para manutenção da concentração da glicose sanguínea dentro de limites toleráveis (Van Soest, 1994).

O amido é fonte primária de energia nas dietas dos ruminantes, constituindo de 70 a 80% dos grãos utilizados na alimentação. Uma eficiente utilização do amido é fundamental para melhorar a resposta produtiva do animal, sendo que o aumento na digestão ruminal eleva a concentração total de AGVs e a proporção molar de ácido propiônico. Porém, a fermentação do carboidrato no rúmen é acompanhada por perdas inevitáveis devido à produção de calor e metano (Orskov, 1986), o que tornaria interessante a passagem intacta de parte do amido para o intestino delgado do ruminante. No entanto, Church (1993) salientou que os ruminantes adultos praticamente não absorvem glicose no intestino delgado, sendo a glicemia dos ruminantes dependente em sua maior parte da gliconeogênese a partir do propionato (cerca de 50% dos requerimentos) e outros precursores no fígado.

A uréia constitui a forma principal pela qual o nitrogênio é eliminado do organismo de mamíferos. Quando a taxa de síntese de amônia é maior que a sua utilização pelos

microrganismos, seja por excesso de proteína bruta (PB) ou falta de energia, observa-se elevação da concentração de amônia no rúmen, com conseqüente aumento da excreção de uréia e do custo energético, resultando em perdas de nitrogênio (Russell et al., 1992). Por isto, os níveis sanguíneos de uréia são positivamente correlacionados com uma ineficiente utilização da PB da dieta (Broderick, 1995).

Dessa forma, foram avaliados os efeitos do tamanho de partícula do volumoso e de dois manejos alimentares sobre a taxa de passagem e os parâmetros de fermentação ruminal e metabólicos em ovinos.

3.2- Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal, localizado na Escola de Veterinária da UFMG em Belo Horizonte (MG), nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2005. As análises laboratoriais foram realizadas nas dependências do Laboratório de Nutrição do Departamento de Zootecnia da EV-UFMG.

Foram utilizados oito ovinos fistulados no rúmen, com peso vivo médio de 52,5 kg, alojados em gaiolas de metabolismo providas de cocho, bebedouro e saleiro. Foram realizados quatro períodos

experimentais. A fase de adaptação teve duração de 21 dias no primeiro período e de 14 dias nos demais. A fase de coleta teve duração de 6 dias, sendo quatro dias de coletas para determinação da taxa de passagem, um dia para as coletas relativas aos parâmetros ruminais e um dia para as coletas de amostras de sangue. As temperaturas máximas e mínimas observadas durante o período experimental foram respectivamente 31 °C e 21 °C e os valores máximos e mínimos de umidade relativa do ar foram respectivamente 90,0% e 28,0%.

As dietas foram balanceadas de acordo com o Nutrient... (1985) para ganho de peso, deixando-se sobras de 5% e utilizando-se relação V:C de 25:75%. Foram utilizados o feno de Tifton-85 (*Cynodon* spp.) como volumoso e concentrado comercial de manutenção constituído de milho moído (17,2%), farelo de glúten de milho (8,3%), gérmen de milho gordo (15,0%), casca de soja (24,0%), resíduo de feijão (18,0%), farelo de babaçu (12,0%), óleo vegetal (1,0%), melaço líquido (1,0%), cloreto de sódio (0,6%), calcário calcítico (2,8%) e premix mineral vitamínico (0,1%), sendo o volumoso fornecido separadamente do concentrado. A composição bromatológica do volumoso, do concentrado e da dieta experimental é apresentada na Tab.11.

Tabela 11. Composição bromatológica do feno (FEN), do concentrado (CONC) e da dieta utilizada

Item	FEN	CONC	DIETA ²
MS (%)	84,78	85,45	85,28
MO ¹	94,91	90,87	91,88
PB ¹	10,33	19,27	17,03
EE ¹	2,31	3,25	3,02
Cinzas ¹	5,09	9,13	8,12
CNF ¹	4,05	27,43	21,59
FDN ¹	78,22	40,92	50,24
FDA ¹	35,90	23,20	26,37
LIG ¹	3,05	4,12	3,85

MS - matéria seca; MO - matéria orgânica; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; CNF - carboidratos não fibrosos; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; LIG - lignina.

¹ % da MS. ²Dieta contendo 75% de concentrado.

Foram adotados dois manejos alimentares, denominados F2 e F4, respectivamente, para duas refeições diárias às 7 h e 19 h, ou quatro refeições diárias às 7 h, 11 h, 15 h e 19 h. O feno foi submetido à desintegração com triturador comercial, dotado de peneiras com abertura de malhas de quatro tamanhos: T1 – 2 mm, T2 – 5 mm, T3 – 10 mm e T4 – 25 mm; que constituíam, respectivamente, os tamanhos de partícula denominados de TP2, TP5, TP10 e TP25. Aproximadamente 500g do material obtido em cada peneira foram colocados no separador de partícula modelo *Penn State*, contendo duas peneiras (19 e 8 mm de porosidade) e uma bandeja de fundo, e avaliados de acordo com Lammers

et al. (1996). O perfil de distribuição (%) da fibra em detergente neutro (FDN) das partículas do feno e os diâmetros geométricos médios dos diferentes tratamentos são apresentados na Tab.12. O fator de efetividade física (fef) dos diferentes tamanhos de partícula foi determinado como a fração da matéria seca (MS) retida acima da peneira de 8mm e a fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe) obtida pela multiplicação do fef pelo teor da FDN da amostra de feno. O diâmetro geométrico médio (Dgm) e o desvio-padrão geométrico médio (Sgm) foram calculados conforme o ASAE (2001), citado por Kononoff e Heinrichs (2003).

Tabela 12. Perfil de distribuição (%) da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) das partículas dos tratamentos

Tamanho de partícula	Tratamento			
	TP2	TP5	TP10	TP25
% MS retida				
> 19 mm	0,00	0,00	65,29	82,38
8 – 19 mm	25,50	27,30	3,34	13,67
< 8 mm	74,50	72,70	31,37	3,95
Dgm (mm)	1,65	1,74	9,45	23,05
Sgm (mm)	3,91	4,10	18,92	30,13
% FDN retida				
> 19 mm	0,0	0,0	66,36	82,07
8 – 19 mm	24,39	25,86	3,25	13,81
< 8 mm	75,61	74,14	30,39	4,12
Fef	0,24	0,26	0,70	0,96
FDNfe (%MS)	18,77	20,34	54,75	75,09

TP2 – tamanho de partícula 2mm; TP5 – tamanho de partícula 5mm; TP10 – tamanho de partícula 10mm; TP25 – tamanho de partícula 25mm.

Dgm – diâmetro geométrico médio calculado conforme ASAE (2001); Sgm – desvio padrão geométrico médio calculado conforme ASAE (2001).

fef – fator de efetividade física $[(100 - \% \text{ de MS} < 8 \text{ mm})/100]$; FDNfe (%MS)– fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (fef * %FDN do feno) expressa como porcentagem da matéria seca.

A reciclagem de sólidos ruminais foi estimado a partir da fibra mordantada com cromo (Cr) (20 g/cab), dosada no rúmen às 7 h do primeiro dia da fase de coleta de cada período e misturada ao conteúdo ruminal. Para obtenção da fibra mordantada com Cr, amostras de feno, nos tamanhos T1 – tamanho de partícula 2 mm; T2 – tamanho de partícula 5 mm; T3 – tamanho de partícula 10 mm; T4 – tamanho de partícula 19 mm; foram processadas de acordo com a metodologia proposta por Úden et al. (1980). As amostras fecais foram coletadas às 0, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 32, 35, 47, 71, e 96 h após a dosagem, para determinação da taxa de passagem. As amostras fecais foram congeladas à -20°C e posteriormente processadas. A concentração do indicador nas fezes foi determinada usando-se a espectrofotometria de absorção atômica, de acordo com metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

Os parâmetros da cinética de trânsito ruminal foram estimados por intermédio do ajuste à curva de excreção fecal do indicador do modelo gama-2 tempo-dependente proposto por Ellis et al. (1994), citados por Detmann et al. (2001): $C_t = Z * (t - \tau) * L * \exp[-L * (t - \tau)]$; utilizando-se o procedimento NLIN do programa SAS (SAS Institute, 1999).

Em que: C_t = concentração fecal do indicador no tempo “t” (ppm); t = tempo relativo após o fornecimento do indicador (h); L = parâmetro taxa tempo-dependente relativo ao fluxo ruminal de partículas (h^{-1}); Z = parâmetro sem interpretação biológica direta (ppm. h); e τ = tempo decorrido entre a aplicação e o aparecimento do indicador nas fezes (h).

Os tempos médios de retenção no retículo rúmen e no trato gastrointestinal total foram estimados pelas equações (Ellis et al., 1994) a seguir, citados por Detmann et al. (2001):

$$TMRR = 2/L$$

$$TMRT = TMRR + \tau$$

Em que: TMRR = tempo médio de retenção no rúmen-retículo (h); TMRT = tempo médio de retenção total (h) e L e τ conforme definidos anteriormente

As amostras de fluido ruminal foram obtidas no quinto dia do período de coleta, retiradas na porção ventral do rúmen, antes da oferta do concentrado da manhã (7 h), sendo este considerado o tempo 0. Amostras adicionais foram obtidas nos tempos 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21 e 24 h após a primeira amostragem. Elas foram imediatamente filtradas em gaze dupla e o pH mensurado utilizando-se potenciômetro digital. Para se medir a concentração de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$), 50 mL de líquido ruminal foram coletados para cada tempo, sendo adicionado 1mL de ácido sulfúrico 1:1 em cada amostra. Após a acidificação as amostras foram estocadas à -20 °C e ao fim do experimento foram descongeladas, filtradas e centrifugadas a 30.000 x g a 4 °C por 20 minutos. Para determinação do $N-NH_3$ foi realizada a destilação com cloreto de cálcio e óxido de magnésio.

Para a obtenção dos valores de glicemia, foi coletada a cada três horas, no último dia do período experimental, uma pequena quantidade de sangue da veia jugular com auxílio de um *vaccuntainer*, sendo o sangue depositado em tubo de ensaio sem anticoagulante. Uma gota de sangue foi imediatamente colocada sobre uma fita específica para medição do valor da glicemia, sendo o valor lido em monitor digital de glicemia (*Accu-Check*, Roche).

A cada três horas, foram efetuadas coletas de amostras de sangue para dosagem de uréia. A coleta foi realizada por punção da veia jugular com auxílio de *vaccuntainer* de 10mL, sem anticoagulante. Imediatamente após coleta o sangue foi centrifugado a 3000rpm durante 15 minutos, para a separação do plasma. O plasma obtido foi transferido para tubos plásticos, identificados e armazenados à -20°C até o

procedimento da análise laboratorial com *Kit* comercial específico.

As fezes foram caracterizadas através de avaliação visual, por dois avaliadores treinados, classificando-se por meio de escore de 1 a 6, sendo: 1 – fezes ressecadas e sem brilho, 2 – fezes normais, 3 – fezes ligeiramente amolecidas, 4 – fezes amolecidas, perdendo o formato e coladas umas às outras, 5 – fezes amolecidas e sem o formato normal, 6 – fezes diarréicas.

Foi adotado esquema fatorial 2x4, sendo duas frequências de alimentação e quatro tamanhos de partícula do feno, em delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições (animais). Para comparação das variáveis estudadas, foi utilizado o teste SNK, em nível de 5%, através do SAEG 8.0 (Sistema..., 1998).

3.3- Resultados e Discussão

As taxas de passagem ruminal (K), os tempos médios de retenção no retículo-rúmen (TMRR) e o tempo médio de retenção no trato gastrointestinal (TMRT), para os diferentes tamanhos de partícula e nas duas frequências de alimentação, são apresentadas na Tab.13.

A taxa de passagem ruminal variou de 1,86%/h, no tratamento F4TP25 à 3,10%/h no tratamento F2TP5, sendo em média 2,37%/h. Estes valores de taxa de passagem ruminal podem ser considerados baixos, frente aos relatados na literatura para ruminantes recebendo elevada proporção de concentrado na dieta (Nutrient...,2001).

O tempo médio de retenção no retículo-rúmen variou de 64,52h no tratamento F2TP5 a 107,53h no tratamento F4TP25, apresentando, em média, 86,86 h. Verificou-se média de 90,52 h, para o tempo médio de retenção no trato gastrointestinal, variando de 67,90 no tratamento F2TP5 a 111,80 no F4TP25.

Colucci et al. (1990) relataram, em ovinos alimentados *ad libitum* com feno de alfafa e elevada proporção de concentrado à base de milho moído e farelo de soja na dieta (70%), uma taxa de passagem de 4,08%/h, valor 42% maior do que a média observada no presente estudo. O tempo médio de retenção no retículo-rúmen foi de 25,04h e o tempo médio de retenção no trato gastrointestinal de 60,32h, valores considerados mais adequados para condições biológicas normais.

Tabela 13. Taxas de passagem ruminal de sólidos em ovinos recebendo dietas com diferentes tamanhos de partícula do volumoso e submetidos a dois manejos alimentares

Item	Tratamento							
	F2				F4			
	TP2	TP5	TP10	TP25	TP2	TP5	TP10	TP25
K (%/h)	1,89	3,10	2,20	2,69	2,08	2,57	2,57	1,86
TMRR (h)	105,82	64,52	90,91	74,35	96,15	77,82	77,82	107,53
TMRT (h)	109,70	67,90	95,74	78,02	99,01	81,13	80,92	111,80
R ²	0,60	0,69	0,66	0,63	0,67	0,68	0,76	0,83

F2 – frequência de alimentação duas vezes ao dia; F4 – frequência de alimentação quatro vezes ao dia; TP2 – tamanho de partícula 2mm; TP5 – tamanho de partícula 5mm; TP10 – tamanho de partícula 10mm; TP25 – tamanho de partícula 25mm.

k= taxa de passagem ruminal; TMRR= tempo médio de retenção no retículo-rúmen em horas, TMRT= tempo médio de retenção no trato gastrointestinal em horas.

R² = coeficiente de determinação ajustado.

Estudando o efeito da frequência de fornecimento da dieta em novilhos de corte recebendo elevada proporção de concentrado (90%) à base de milho e farelo de soja e como volumoso os fenos de alfafa e sorgo, Soto-Navarro et al. (2000) verificaram maior taxa de passagem ruminal em animais recebendo a dieta duas vezes ao dia que em animais alimentados uma única vez por dia, sendo relatados os valores de 4,35%/h e 3,85%/h, para as duas frequências, respectivamente.

Hadjigeorgiou et al. (2003) trabalhando com ovinos alimentados com volumoso picado em três tamanhos de partícula (13,29; 7,26 e 0,69mm), observaram redução no tempo médio de retenção ruminal com a redução do tamanho de partícula do volumoso em ovinos, sendo relatados os valores de 54,6; 52,9, e 45,9h nos tamanhos longo (13,29mm), médio (7,26mm) e curto (0,69mm), respectivamente. Estes valores são inferiores aos observados no presente estudo.

A redução do tamanho de partícula do volumoso e a desintegração da estrutura da parede celular pelo processamento e pela ruminação podem afetar a taxa de passagem ruminal, fato este não verificado no presente estudo. A redução do tamanho de partícula pela mastigação eleva a taxa de fermentação pelo aumento da área de superfície e pela diminuição na habilidade em reter gases, sendo que ambos interferem na densidade (Allen, 1996). Para ovinos e bovinos tem sido relatado que a resistência à passagem aumenta muito para partículas com tamanho superior a 1,18mm (Poppi et al., 1985). Porém, fatores como conteúdo de parede celular e grau de lignificação aumentam a resistência da fibra à ação mastigatória e ao processo fermentativo ruminal, interferindo diretamente na quebra e na densidade das partículas e conseqüentemente na passagem através do orifício retículo-omasal.

De acordo com Church (1993), a frequência de fornecimento do alimento pode afetar o

fluxo de digesta no trato gastrointestinal de ruminantes, provavelmente por influenciar a motilidade dos órgãos gastrintestinais. A frequência de alimentação tem forte efeito na quantidade de digesta fluindo a partir do abomaso de ruminantes. Em ovinos alimentados uma vez ao dia, a taxa de fluxo foi de 270 mL/h, aumentando para 785 mL/h quando a mesma ração foi fornecida três vezes ao dia. A mesma quantidade de alimento fornecida três vezes ao dia pode aumentar em 30% o fluxo de digesta a nível pós-pilórico, quando comparada a uma vez ao dia, devido ao aumento na atividade motora e secretória do abomaso. São também, observados aumentos na secreção salivar e na motilidade ruminal. No presente estudo o aumento da frequência de alimentação promoveu aumento na taxa de passagem nos tamanhos de partícula de 2 e 10mm (F4TP2 e F4TP10).

O concentrado utilizado no presente estudo continha elevado teor de FDN, considerada fonte de fibra não forrageira (FFNF), sendo o concentrado a maior fração da dieta oferecida, o que pode ter levado à ausência de efeito para os diferentes tamanhos de partículas. De acordo com Grant (1997), a fonte, a quantidade e as características físicas da forragem da dieta podem interagir com a FFNF e influenciar a digestibilidade ruminal e total da fibra e a taxa de passagem. Os dois principais fatores que afetam esta interação são a taxa de digestão e de passagem da fibra. Por exemplo, os dados têm mostrado que a adição de forragem grosseira à dieta contendo elevada inclusão de casca de soja melhora a digestão da fibra em 32%, provavelmente por alteração no tempo de retenção ruminal da FFNF.

Os valores referentes ao pH ruminal, nos diferentes tempos de coleta e tamanhos de partícula e nas duas frequências de alimentação, podem ser visualizados na Tab.14. Verificou-se efeito do tamanho de partícula do volumoso e da frequência de alimentação, independente da hora de coleta,

e influência da hora de coleta dentro das duas frequências de alimentação e na média geral ($P<0,05$).

Tabela 14. pH ruminal em ovinos recebendo dietas com diferentes tamanhos de partícula do volumoso e submetidos a dois manejos alimentares

Tempo	Tamanho de partícula				Frequência		Média
	TP2	TP5 ¹	TP10	TP25	F2	F4	
0h	6,51	6,60	6,66	6,61	6,54ABa	6,66Aa	6,60
2h	5,98	6,14	6,10	6,15	6,04Ea	6,15Ca	6,09
4h	6,17	6,34	6,38	6,27	6,19Db	6,40Ba	6,29
6h	6,16	6,21	6,34	6,31	6,31Ca	6,21Ca	6,25
8h	6,26	6,41	6,38	6,31	6,46Ba	6,24Cb	6,34
10h	6,25	6,40	6,37	6,33	6,62ABa	6,07Db	6,34
12h	6,30	6,46	6,41	6,35	6,71Aa	6,06Db	6,38
15h	5,65	5,79	5,86	5,89	5,88Fa	5,72Ea	5,80
18h	5,90	5,98	5,88	5,92	5,89Fa	5,96Ea	5,92
21h	6,08	6,10	6,09	6,08	6,03Ea	6,15Ca	6,09
24h	6,15	6,40	6,39	6,30	6,28Ca	6,34Ba	6,31
Média	6,13Y	6,26X	6,26X	6,23X	6,26	6,17	

Médias nos diferentes tamanhos de partícula seguidas de letras maiúsculas (X, Y, Z, W) distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK ($P<0,05$).

Médias nas diferentes dietas seguidas de letras minúsculas (a, b) distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK ($P<0,05$).

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas (A – D) na coluna diferem entre si pelo teste SNK ($P<0,05$).

F2 – frequência de alimentação duas vezes ao dia; F4 – frequência de alimentação quatro vezes ao dia; TP2 – tamanho de partícula de 2 mm; TP5 – tamanho de partícula de 5 mm; TP10 – tamanho de partícula de 10 mm; TP25 – tamanho de partícula de 25 mm.

¹ $Y = 6,65352 - 0,0517122X - 0,00216673X^2 + 0,000160833X^3$ (sendo X = tempo em horas; $P = 0,001$; $R^2 = 0,38$).

Coefficiente de Variação = 4,35

O TP2 apresentou o menor valor médio de pH ruminal (6,13), sendo observado um pH médio de 6,25 para os demais tamanhos de partícula. O fornecimento da dieta quatro vezes ao dia (F4) levou ao menor valor médio de pH ruminal (6,17), em comparação à frequência F2 (6,26). Este comportamento se repetiu nos tempos 8, 10 e 12 h. Apenas no tempo 4h os animais que receberam a dieta duas vezes ao dia apresentaram valor inferior de pH ruminal (6,19). Estas flutuações no pH ruminal, em função da frequência da alimentação, também podem ser visualizadas na Fig.5.

O Nutrient...(2007) cita que para a manutenção da saúde do ambiente ruminal,

o pH deve variar entre 5,5 e 7,2, sendo estes valores afetados pela ingestão de alimentos, secreção salivar, produtos da ruminação, gases da fermentação e pela taxa de passagem dos produtos gerados.

Soto-Navarro et al. (2000) encontraram efeito da frequência de alimentação sobre o pH, verificando valor inferior de pH em animais alimentados uma única vez por dia (5,99), em relação a animais alimentados na frequência de duas vezes (6,17), resultado oposto ao encontrado no presente estudo.

Castro et al. (2002) avaliaram o efeito da frequência da suplementação de concentrado sobre o pH ruminal e não verificou efeito da frequência de alimentação sobre esta

variável. Foram relatados os valores de 6,03 e 5,98, para as frequências de uma e duas vezes ao dia, respectivamente, valores estes inferiores aos relatados no presente estudo.

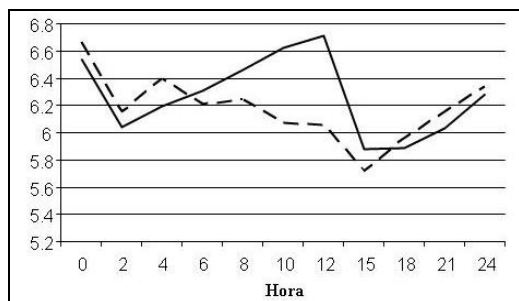


Figura 5. Variação do pH ruminal em ovinos alimentados em duas frequências de alimentação, em função da hora de coleta

*Efeito da hora e da frequência de alimentação (SNK; $p < 0,05$).

Linha contínua – frequência de alimentação duas vezes ao dia; linha tracejada – frequência de alimentação quatro vezes ao dia; setas finas – horário da alimentação da frequência quatro vezes ao dia; setas largas – horário da alimentação da frequência duas vezes ao dia.

Beauchemin e Yang (2005) avaliaram o efeito da FDNfe sobre o consumo, sobre a atividade mastigatória e sobre a acidose ruminal em vacas leiteiras recebendo silagem de milho (45,8% de FDN na MS).. Valores de pH menores que 5,8 foram considerados como indicadores de acidose subclínica. O aumento no comprimento das partículas do volumoso elevaram o consumo de FDNfe, mas não influenciaram o pH ruminal médio (5,89). O valor superior observado foi de 6,29 e o inferior 5,01. No presente estudo verifica-se que apenas no tempo 15h o pH ruminal médio aproximou-se do limite inferior citado por estes autores.

Segundo Krause e Oetzel (2006) vários fatores da dieta podem afetar o estado fisiológico do ambiente ruminal em bovinos, como o tipo de volumoso fornecido, o tamanho de partícula do mesmo, a quantidade de grãos e de carboidratos rapidamente fermentáveis e presença de FFNF. O menor valor de pH ruminal

observado em animais que receberam o menor tamanho de partícula do volumoso, no presente estudo, ocorreu provavelmente devido ao teor inferior de FDNfe na dieta, necessária para estimular a ruminação e o tamponamento do ambiente ruminal. Porém, o menor teor de FDNfe observado não foi capaz de interferir na saúde do rúmen, provavelmente pelo elevado teor de FDN da dieta, principalmente oriunda de FFNF. Este autores ressaltaram que o teor de fibra e o tamanho de partícula necessário para manter a saúde ruminal dependem da fonte de fibra utilizada, do tipo e grau de processamento do grão e do manejo alimentar.

Segundo Allen (1997), a FDN de FFNF é menos efetiva em manter o pH ruminal em bovinos. Mertens (1997) concluiu que a FDN de FFNF apresenta 40% da efetividade da FDN forrageira. A maioria das FFNF são menos efetivas em manter a gordura do leite do que forragens, porém a atividade mastigatória é menos afetada do que a gordura do leite (Swain e Armentano, 1994). O Nutrient... (2001) assume que a FDN de FFNF apresentam 50% da efetividade da FDN de forragens. A exceção é o caroço de algodão, que apresenta um fe de 1,0 e fef de 0,90, valores semelhantes aos de forragens longas. Por todos estes fatores, quando altos níveis de FFNF são incluídos na dieta com conseqüente redução no teor de forragem, um mínimo de FDNfe de forragem precisa ser adicionado para estimular a ruminação e evitar redução do pH ruminal.

O aumento da frequência de alimentação pode reduzir as flutuações nos parâmetros ruminiais, minimizando as variações na produção dos ácidos graxos voláteis e aumentando a proporção de acetato no rúmen de bovinos recebendo elevada proporção de concentrado (Froetschel e Amos, 1991). Estes autores também salientam que o aumento da frequência de fornecimento da dieta para ruminantes pode complementar o efeito da fibra sobre os parâmetros de fermentação ruminal. Porém, no presente estudo, o aumento da frequência

de alimentação reduziu o pH médio ruminal e manteve este pH por um maior tempo abaixo de 6,2 que seria o valor mínimo necessário para a atuação da população de microrganismos que degradam a fibra.

Na Fig. 6 podem ser visualizados os valores de $N-NH_3$ em função dos tamanhos de partícula do volumoso e da frequência de alimentação. Verifica-se que estes não tiveram efeito sobre o teor de $N-NH_3$ ruminal ($P>0,05$).

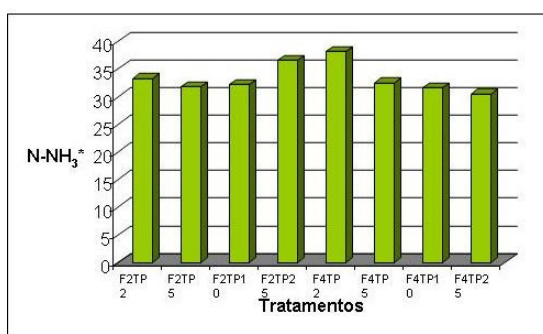


Figura 6. Nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$, mg/dL) em ovinos recebendo diferentes tamanhos de partícula do volumoso e alimentados em duas frequências de alimentação

*Não houve diferença entre tratamentos (SNK; $p>0,05$).

F2 – frequência de alimentação duas vezes ao dia; F4 – frequência de alimentação quatro vezes ao dia; TP2 – tamanho de partícula de 2 mm; TP5 – tamanho de partícula de 5 mm; TP10 – tamanho de partícula de 10 mm; TP25 – tamanho de partícula de 25 mm.

Coefficiente de Variação (CV %) = 39,39.

A concentração de $N-NH_3$ ruminal apresentou o valor médio de 33,27 mg/dL, variando de 30,48 mg/dL no tratamento F4TP25 a 38,11 mg/dL no tratamento F4TP2. Nas diferentes horas de coleta a concentração de $N-NH_3$ ruminal variou de 28,22 mg/dL no tempo 10h a 38,03 mg/dL no tempo 15 h (Fig. 7). Estes valores foram bem superiores ao preconizado na literatura, de 5 mg/dL, como valor mínimo para que ocorra adequado processo fermentativo (Satter e Slyter, 1974).

Soto-Navarro et al. (2000) não encontraram efeito da frequência de alimentação sobre a concentração de $N-NH_3$ ruminal, porém a concentração foi maior no tempo 12h de coleta. Em novilhos que receberam a dieta uma vez ao dia a concentração de $N-NH_3$ ruminal foi 73mg/dL e em animais alimentados quatro vezes ao dia esta concentração foi de 101mg/dL, valores superiores aos verificados no presente estudo.

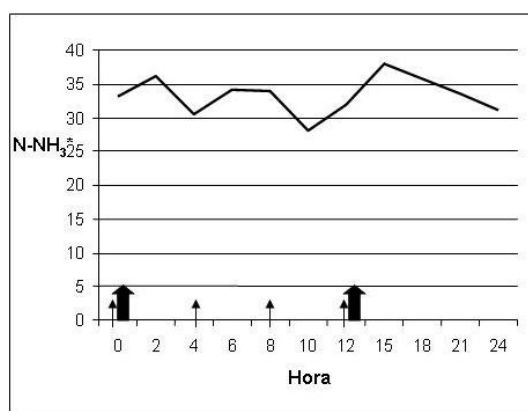


Figura 7. Variação do nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$, mg/dL) em ovinos recebendo diferentes tamanhos de partícula do volumoso e alimentados em duas frequências de alimentação, em função da hora de coleta (setas finas = horário da alimentação da frequência quatro vezes ao dia; setas largas = horário da alimentação da frequência duas vezes ao dia)

*Não houve diferença entre tratamentos (SNK; $p>0,05$).

Coefficiente de Variação (CV %) = 39,39.

Avaliando o efeito do tamanho de partícula da silagem de milho nos parâmetros fermentativos ruminais, Kononoff et al. (2003) não encontraram efeito sobre a concentração de $N-NH_3$ ruminal, sendo observada a concentração média de 8,7 mg/dL.

A eficiência de utilização do nitrogênio no rúmen é aumentada quando fontes de energia, com taxas de degradação semelhantes às das fontes de nitrogênio, são

fornecidas simultaneamente (Prior, 1976). Assim, a frequência de fornecimento da ração contendo as fontes primárias de energia e nitrogênio pode ter papel importante na utilização e retenção do nitrogênio dietético. A taxa de liberação de amônia no rúmen, afetada pela frequência de alimentação, pode influenciar os processos metabólicos no fígado e outros tecidos e os níveis sanguíneos de uréia e glicose. Porém, no presente estudo, estas ocorrências não foram observadas.

A Tab. 15 apresenta o perfil sangüíneo de glicose e uréia (mg/dL). Houve efeito da hora da coleta sobre as variáveis avaliadas ($P < 0,05$).

No perfil de glicose sanguínea, verificou-se o menor valor no tempo 12 h (42,2 mg/dL), valores superiores nos tempos 0, 6 e 18 h (46,7, 47,5 e 47,1 mg/dL, respectivamente) e valores intermediários nos tempos 3, 9, 15, 21 e 24 h (44,5, 44,7, 45,4, 46,2 e 45,3 mg/dL, respectivamente), sendo observado um valor médio de 45,4mg/dL de glicose sanguínea. Nas frequências de alimentação estudadas, os animais alimentados duas vezes ao dia apresentaram um valor médio 45,07 mg/dL e os animais alimentados quatro vezes ao dia apresentaram o valor médio de 46,01 mg/dL, para o perfil de glicose sanguínea.

Tabela 15. Perfil sangüíneo de glicose (mg/dL) e de uréia (mg/dL) em ovinos, nos diferentes tempos de coleta

Perfil	Tempo (h)									Média	CV (%)
	0h	3h	6h	9h	12h	15h	18h	21h	24h		
Glicose	46,7a	44,5ab	47,5a	44,7ab	42,2b	45,4ab	47,1a	46,2ab	45,3ab	45,54	12,9
Uréia	46,6b	52,2a	51,3ab	47,8b	46,3b	46,5b	44,5bc	39,6d	42,62c	46,44	20,8

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).
CV – coeficiente de variação.

A maior parte dos carboidratos fornecidos aos ruminantes é fermentada no rúmen a AGVs (70 a 80%), passando intacta apenas uma pequena parte para a digestão no intestino delgado. Isto faz com que os ruminantes adultos praticamente não absorvam glicose no intestino, sendo dependentes da gliconeogênese e que possuam mecanismo para “poupar” a glicose sanguínea. No caso do presente estudo, com a elevada proporção de carboidratos rapidamente fermentáveis na dieta, pode ter ocorrido aumento na passagem de carboidratos para o intestino, afetando o perfil sangüíneo de glicose e a eficiência energética da dieta.

O menor valor de uréia sanguínea foi observado no tempo 21 h (39,6 mg/dL) e o maior valor no tempo 3 h (52,2 mg/dL), com

valor médio de 46,44 mg/dL. Os animais alimentados duas vezes ao dia apresentaram valor médio 43,75 mg/dL e os animais alimentados quatro vezes ao dia apresentaram o valor médio de 49,12 mg/dL, para o perfil de uréia sanguínea. Esta flutuação no perfil de uréia sanguínea, embora a concentração de N-NH₃ ruminal não tenha sofrido efeito da hora de coleta, pode refletir falta de sincronia nas taxas de degradação ruminal entre carboidratos e proteína e ineficiente uso da PB da dieta (Broderick, 1995).

3.4- Conclusões

O tamanho de partícula do volumoso a 2mm e o fornecimento da dieta quatro vezes ao dia reduzem o pH ruminal.

3.5- Referências Bibliográficas

- ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **J. Anim. Sci.** v.74, p.3063-3075, 1996.
- ALLEN, M.S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **J. Dairy Sci.** v.80, p.1447-1462, 1997.
- ASAE. S424. Method of determining and expressing particle size of chopped forage materials by sieving. In Standards. Am. Soc. Agric. Eng. St. Joseph, MI, 2001.
- BALCELLS, J.; GUADA, J. A.; CASTRILLO, C. et al. Rumen digestion and urinary excretion of purine derivatives in response to urea supplementation of sodium-treated straw fed to sheep. **British Journal of Nutrition**, v.69, p. 721-732, 1993.
- BEAUCHEMIN, K.A.; YANG, W.Z. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. **J. Dairy Sci.** v.88, p.2117-2129, 2005.
- BRODERICK, G.A. Methodology for the determining ruminal degradability of feed proteins. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa:UFV/DZO, 1995. p.139-176.
- CASTRO, T.; MANSO, T.; MANTECÓN, A.R. et al. Effect of either once or twice daily concentrate supplementation of wheat straw on voluntary intake and digestion in sheep. **Small Rum. Res.** v.46, p.43-50, 2002.
- CHURCH, D.C. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition.** Englewood Cliffs: Waveland, 1993. 564p.
- COLUCCI, P.E.; MACLEOD, G.K.; GROVUM, W.L. et al. Digesta kinetics in sheep and cattle fed diets with different forage to concentrate ratios at high and low intakes. **J. Dairy Sci.** v.73, p.2143-2156, 1990.
- DETMANN, E.; CECON, P.R.; PAULINO, M.F. et al. Estimação de parâmetros da cinética de trânsito de partículas em bovinos sob pastejo por diferentes seqüências amostrais. **Rev. Bras. Zootec.** v.30, p.222-230, 2001.
- ELLIS, W.C.; MATIS, J.H.; HILL, T.M. et al. Methodology for estimating digestion and passage kinetics of forages. In: FAHEY, J.R., G.C (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization.** Winsconsin: American Society of Agronomy, 1994. p.682-756.
- FROETSCHER, M.A.; AMOS, H.E. Effects of dietary fiber and feeding frequency on ruminal fermentation, digesta water-holding capacity, and fractional turnover of contents. **J. Anim. Sci.** v.69, p.1312-1321, 1991.
- GRANT, R.J. Interactions among forages and nonforage fiber sources. **J. Dairy Sci.** v.80, p.1438-1446, 1997.
- HADJIGEORGIOU, I.E.; GORDON, I.J.; MILNE, J.A. Intake, digestion and selection of roughage with different staple lengths by sheep and goats. **Small Rum. Res.** v.47, p.117-132, 2003.
- KONONOFF, P.J.; HEINRICHS, A.J.; BUCKMASTER, D.R. Modification of the Penn State Forage and Total Mixed Ration Particle Separator and the effects of moisture content on its measurements. **J. Dairy Sci.** v.86, p.1858-1863, 2003.
- KONONOFF, P.J.; HEINRICHS, A.J. The effect of corn silage particle size and cottonseed hulls on cows in early lactation. **J. Dairy Sci.** v.86, p.2438-2451, 2003.
- KRAUSE, K.M.; OETZEL, G.R. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: a review. **Anim. Feed Sci. Tech.** v.126, p.215-236, 2006.

- LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **J. Dairy Sci.** v.79, p.922-928, 1996.
- MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **J. Dairy Sci.** v.80, p.1463-1481, 1997.
- NUTRIENT requirements of dairy cattle. 7.ed. Washington, D.C.: National Academic, 2001. 381p.
- NUTRIENT requirements of sheep. 6 ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 1985. 99p.
- NUTRIENT requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, D.C.: National Academic Press, 2007. 362p.
- ORSKOV, E.R. Starch digestion and utilization in ruminants. **J. Anim. Sci.** v.63, p.1624-1633, 1986.
- POPPI, D.P.; HENDRICKSEN, R.E.; MINSON, D.J. The relative resistance o escape of leaf and stem particles from the rumen of cattle and sheep. **J. Agric. Sci.** 105:9, 1985.
- PRIOR, R.L. Effects of dietary soy or urea nitrogen and feeding frequency on nitrogen metabolism, glucose metabolism e urinary metabolite excretion in sheep. **J. Anim. Sci.**, v.42, p. 160-167, 1976.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G., VAN SOEST, P.J., SNIFFEN, C.J. A net carboydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **J. Animal Sci.**, v.70, p.3551-3561, 1992.
- SISTEMA de análises estatísticas e genéticas. SAEG 8.0. Viçosa:UFV, 1998.
- SAS INSTITUTE. *SAS System for Windows*. Version 8.0. Cary: SAS Institute Inc. 1999. 2 CDROMs.
- SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effects of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **Brit. J. Nutr.** v.32, p.199-205, 1974.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SOTO-NAVARRO, S.A.; KREHBIEL, C.R.; DUFF, G.C. et al. Influence of feed intake fluctuation and frequency of feeding on nutrient digestion, digesta kinetics, and ruminal fermentation profiles in limit-fed steers. **J. Anim. Sci.**, v.78, p. 2215-2222, 2000.
- SWAIN, S.M.; ARMENTANO, L.E. Quantitative evaluation of fiber from nonforage sources used to replace alfafa silage. **J. Dairy Sci.** v.77, p.2318-2331, 1994.
- UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; Van SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **J. Sci. Food Agric.**, v.31, p.625-632, 1980.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994, 476p.

Capítulo 4 - Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e da fibra em detergente neutro do feno de Tifton-85 (*Cynodon* spp.) com diferentes tamanhos de partícula em ovinos com ou sem suplementação de concentrado

In situ ruminal degradability evaluation of dry matter (DM) and neutral detergent fiber (NDF) of Tifton-85 (*Cynodon* spp.) hay with different particle size in sheep supplemented or not with concentrate

RESUMO

Objetivou-se avaliar a degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) do feno de Tifton-85 com diferentes tamanhos de partícula (2 mm; 5 mm; 10 mm e 25mm) em ovinos com ou sem suplementação de concentrado (0 ou 75% de concentrado). Os tempos de incubação foram 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas. Foi adotado esquema fatorial 2x4, sendo duas dietas (com e sem concentrado) e quatro tamanhos de partícula do feno em delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, sendo cada ovino um bloco. Observaram-se valores superiores de fração solúvel (a) e de degradabilidade efetiva (DE) da MS e da FDN para o menor tamanho de partícula (2 mm) em ambas as dietas oferecidas. O menor tamanho de partícula (2 mm) apresentou valor médio de desaparecimento *in situ* da MS (41,62%) superior aos valores obtidos nos demais tamanhos ($P<0,05$). O tamanho de partícula do volumoso e a dieta utilizada influenciam os parâmetros de degradação e a taxa de desaparecimento ruminal da MS e da FDN, sendo importante a padronização dessas variáveis nos ensaios *in situ* em ovinos.

Palavras-chave: degradabilidade efetiva, feno, forragem, rúmen, taxa de degradação.

ABSTRACT

In situ degradability of dry matter (DM) and neutral detergent fiber (NDF) of Tifton-85 hay with different particle size (2 mm; 5 mm; 10 mm and 25 mm) in sheep supplemented or not with concentrate (0 or 75% of concentrate) were determined. Incubation times were 0, 6, 12, 24, 48, 72 and 96 hours. Completely randomized blocks design in factorial 2x4 schemes (two diets and four particle size of forage) with split-plot was used. The smaller particle size (2 mm) had higher values of soluble fraction and effective degradability of DM and NDF in the two diets fed. DM *in situ* disappearance was higher for 2 mm particle size ($P<0.05$). Particle size of forage and diet influenced degradation parameters and disappearance rate of DM and NDF, thus it is important the standardization of this variables studied on *in situ* degradation hay in sheep.

Keywords: degradation rate, effective degradability, forage, hay, rumen.

4.1- Introdução

O conhecimento da degradação de frações específicas dos alimentos no rúmen é de fundamental importância para a maximização da fermentação ruminal, maior eficiência de utilização dos nutrientes, maior

economia na produção e menor impacto ambiental devido à redução das perdas.

Assim, a taxa e a extensão da digestão do alimento são importantes fatores envolvidos na utilização de forragens e concentrados na dieta dos ruminantes. Segundo Russell et al. (1992), quando a taxa de degradação da

proteína excede a taxa de fermentação dos carboidratos, grandes quantidades de nitrogênio podem ser perdidos na forma de amônia. Por outro lado, se a taxa de fermentação dos carboidratos excede a taxa de degradação das proteínas, a produção microbiana pode diminuir. Se os alimentos volumosos são degradados muito lentamente, o enchimento ruminal pode limitar o consumo e as exigências nutricionais não são atendidas (Allen, 1996).

Os alimentos que chegam ao rúmen são fermentados ou passam para o abomaso, sendo o trânsito de partículas nestes compartimentos determinantes do aproveitamento no trato gastrointestinal. Enquanto a fermentação é uma característica do alimento, a passagem está relacionada ao consumo, ao processamento e ao tipo de alimento consumido e às condições do ambiente ruminal. Esses processos influem diretamente na disponibilidade dos nutrientes para o animal, além de produzir efeitos sobre o balanço dos produtos da fermentação ruminal (Russell et al., 1992).

Vários métodos vêm sendo utilizados para se estimar a qualidade do volumoso para os ruminantes, destacando-se a técnica *in situ* no rúmen. Essa técnica baseia-se no contato íntimo entre o alimento avaliado e o ambiente ruminal, sendo uma forma excelente de simulação do meio. Porém, a técnica não simula algumas situações normais da digestão, como a mastigação, a ruminação e digestão no trato posterior (Van Soest, 1994). Outro fator importante é a padronização da técnica, o que pode influenciar nos resultados. Neste contexto, são pontos fundamentais o tamanho de partícula do alimento incubado, a porosidade dos sacos de náilon, a relação peso da amostra e área de superfície do saquinho, o tempo de incubação, a dieta utilizada e a frequência de alimentação (Stern et al., 1997; Vanzant et al., 1998; Campos et al., 2006).

De acordo com Campos et al. (2006), o tamanho de partícula do material incubado afeta a taxa de degradação (k_d), principalmente na fração fibrosa que é um processo dependente da colonização microbiana, a qual por sua vez terá menor ou maior acesso ao substrato dependendo de sua área de superfície específica.

Segundo Vanzant et al. (1998), a dieta utilizada na alimentação dos animais experimentais pode influenciar o ambiente ruminal e, conseqüentemente, a degradação do alimento incubado. A oferta de concentrado, dependendo da quantidade, pode influenciar a ingestão de MS, a taxa de passagem, o pH ruminal, a concentração de ácidos graxos voláteis (AGVs) e o crescimento microbiano.

Objetivou-se avaliar a degradabilidade ruminal *in situ* da MS e da FDN do volumoso com diferentes tamanhos de partícula em ovinos com ou sem suplementação de concentrado.

4.2- Material e Métodos

O ensaio de degradabilidade ruminal *in situ* foi realizado no Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal, localizado na Escola de Veterinária da UFMG em Belo Horizonte (MG), nos meses de janeiro e fevereiro de 2006. As análises laboratoriais foram realizadas nas dependências do Laboratório de Nutrição do Departamento de Zootecnia da EV-UFMG. As temperaturas máximas e mínimas foram, respectivamente, de 31 °C e 21 °C e os valores máximos e mínimos de umidade relativa do ar foram, respectivamente, de 90,0% e 28,0%, durante o período experimental.

Determinou-se a degradabilidade ruminal *in situ* do feno de Tifton-85 (*Cynodon* spp.) em animais recebendo apenas volumoso (C0) ou em animais recebendo dieta com uma relação volumoso: concentrado de 25:75 na MS (C75). Foram utilizados três ovinos adultos machos castrados, fistulados no

rúmen, com peso vivo médio de 52,5kg, alojados em gaiolas e alimentados em cochos individualizados. Os animais receberam duas refeições diárias (7h e 19h), tendo livre acesso à comida, mistura mineral e água. Procedeu-se a adaptação às dietas experimentais por período de 14 dias, sendo realizados dois períodos experimentais (com e sem concentrado). Foram empregados o feno de Tifton-85 (*Cynodon* spp.) como volumoso e um concentrado comercial de manutenção constituído de milho moído (17,2%), farelo de glúten de milho (8,3%), gérmen de milho gordo (15,0%), casca de soja (24,0%), resíduo de feijão (18,0%), farelo de babaçu (12,0%), óleo vegetal (1,0%), melaço líquido (1,0%), cloreto de sódio (0,6%), calcário calcítico (2,8%) e premix mineral vitamínico (0,1%), sendo o

volumoso fornecido separadamente do concentrado. A composição bromatológica dos alimentos e da dieta experimental contendo o concentrado está apresentada na Tab.16.

O feno foi incubado em sacos de náilon com poros de 50micra ancorados em uma corrente, numa quantidade de 20 mg/cm² (Nocek, 1988) e nos tamanhos de partícula originalmente adotados nos ensaios (T1 – 2 mm, T2 – 5 mm, T3 – 10 mm e T4 – 25 mm), denominados, respectivamente, de TP2, TP5, TP10 e TP25. Os tempos de incubação foram 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas, sendo utilizados três sacos por repetição no tempo 0h e dois sacos por repetição nos demais tempos, para cada tamanho de partícula.

Tabela 16. Composição bromatológica do feno (FEN), do concentrado (CONC) e da dieta utilizada

Item	FEN	CONC	DIETA ²
MS (%)	84,78	85,45	85,28
MO ¹	94,91	90,87	91,88
PB ¹	10,33	19,27	17,03
EE ¹	2,31	3,25	3,02
Cinzas ¹	5,09	9,13	8,12
CNF ¹	4,05	27,43	21,59
FDN ¹	78,22	40,92	50,24
FDA ¹	35,90	23,20	26,37
LIG ¹	3,05	4,12	3,85

MS - matéria seca; MO - matéria orgânica; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; CNF - carboidratos não-fibrosos; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; LIG - lignina.

¹ % da MS.

²Dieta contendo 75% de concentrado.

Os saquinhos com as amostras foram sempre colocados, via cânula no rúmen dos ovinos, após o fornecimento da primeira refeição (7h) e retirados nos tempos citados anteriormente, sendo então lavados manualmente em água fria corrente. Após a lavagem, os mesmos foram secos em estufa ventilada regulada a 55°C por 72 horas,

colocados em dessecador, pesados e as amostras foram analisadas de acordo com Silva e Queiroz (2002) e Van Soest et al. (1991), determinando-se a fração desaparecida de MS e FDN.

Para a determinação da degradabilidade potencial da MS da FDN dos volumosos adotou-se o modelo proposto por Ørskov e

McDonald (1979): $Y = a + b(1 - e^{-ct})$; onde: Y = porcentagem de degradação após um tempo (t) de incubação no rúmen; a = substrato solúvel e completamente degradado; b = fração insolúvel potencialmente degradável; c = taxa constante de degradação da fração que permanece no saco de náilon, expressa em porcentagem por hora; t = tempo de incubação no rúmen, em horas.

A DE foi calculada segundo a equação seguinte, utilizando-se as taxas de passagem da fração sólida dos diferentes tamanhos de partícula, obtidas em animais recebendo duas refeições diárias (Tab. 13), e nas taxas de passagem de 2 e 5%/h: $DE = a + bc/c + k$ (McDonald, 1981).

Foi adotado esquema fatorial 2x4, sendo duas dietas (com e sem concentrado) e quatro tamanhos de partícula do feno em delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, sendo cada ovino um bloco. Para avaliar as diferenças entre as médias obtidas utilizou-se o teste de SNK (*Student Newman Keuls*) ($p < 0,05$). A comparação das médias e os coeficientes do modelo de Ørskov e McDonald (1979) foram determinadas através do SAEG 8.0 (Sistema..., 1998).

4.3- Resultados e Discussão

Os parâmetros da degradação ruminal *in situ* da MS do feno de capim Tifton-85 podem ser visualizados na Tab. 17.

Tabela 17. Parâmetros de degradação ruminal *in situ* da matéria seca (MS) do feno de capim Tifton-85 com diferentes tamanhos de partícula em ovinos recebendo dieta sem concentrado (C0) ou com concentrado (C75)

Item	Tratamento							
	C0				C75			
	TP2	TP5	TP10	TP25	TP2	TP5	TP10	TP25
a (%)	7,00	3,05	3,00	3,00	8,30	4,29	3,00	3,00
b (%)	59,84	63,02	51,28	63,14	54,47	57,89	48,01	60,88
c (h ⁻¹)	0,050	0,044	0,044	0,042	0,041	0,044	0,050	0,038
DE 0,02 (%)	49,74	46,28	38,16	45,66	45,03	44,14	37,29	42,88
DE 0,05 (%)	36,92	32,44	26,90	31,70	32,97	31,45	27,01	29,28
KpO (h ⁻¹)	0,019	0,031	0,022	0,027	0,019	0,031	0,022	0,027
DE KpO (%)	50,42	39,91	37,09	41,37	44,56	37,40	32,64	43,87
R ²	0,99	0,98	0,98	0,99	0,98	0,97	0,93	0,99

TP2 – tamanho de partícula de 2 mm; TP5 – tamanho de partícula de 5 mm; TP10 – tamanho de partícula de 10 mm; TP25 – tamanho de partícula de 25 mm.

a = substrato solúvel e completamente degradado; b = fração insolúvel potencialmente degradável; c = taxa constante de degradação da fração que permanece no saco de náilon.

DE 0,02 = degradabilidade efetiva a uma taxa de passagem ruminal de 2%/h; DE 0,05 = degradabilidade efetiva a uma taxa de passagem ruminal de 5%/h; kpO. = taxa de passagem ruminal da fração sólida obtida em animais recebendo duas refeições; DE kpO = degradabilidade efetiva na taxa de passagem ruminal da fração sólida obtida em animais recebendo duas refeições.

R² = coeficiente de determinação.

Observaram-se valores superiores de fração solúvel (a) e de DE da MS para o TP2 em relação aos demais tamanhos e em ambas as dietas oferecidas (C0 e C75). O TP25 apresentou os maiores valores de fração insolúvel potencialmente degradável (b) da MS, em ambas as dietas experimentais. Para o TP10 na dieta com 75% de concentrados (C75%) verificou-se o menor valor para a fração b (48,01%) da MS. Gonçalves et al. (2001) observaram valores para a fração solúvel (a) da MS do feno de capim-tifton 85 moído a 2mm, obtidos pelo método *in situ* em cabras leiteiras, de 26,94% e 22,95%, nas dietas sem concentrado e com 80% de concentrado, respectivamente. Estes valores são superiores aos observados no presente trabalho (7,0% e 8,3%). Gonçalves et al. (2001) também relataram valores para a fração potencialmente degradável (bl) da MS nestas condições, que foram 40,04% e 41,39%, inferiores aos do presente estudo (59,84% e 54,47%).

O TP2 e o TP10 apresentaram valores superiores para a taxa de degradação (c) nas dietas C0 e C75, respectivamente. Considerando a taxa de passagem ruminal de 2 %/h, a DE da MS variou de 37,29% no TP10 com 75% de concentrado (C75 – TP10) à 49,74% no TP2 com 0% de concentrado (C0 – TP2), com média de 43,64%. Na taxa de passagem ruminal de 5%/h, estes valores variaram de 26,90% (C0 – TP10) a 36,92% (C0 – TP2), apresentando média de 31,08%. Na taxa de passagem ruminal observada (KpO) a variação foi de 32,64 (C75 – TP10) a 50,42% (C0 – TP2), com média de 40,90%, valor este inferior à média observada na taxa de passagem de 2%/h. Gonçalves et al. (2001) relataram a taxa de degradação ruminal da MS (c) de 0,03/h, valor inferior aos obtidos (0,05 e 0,04/h). A DE específica da MS, obtida por Gonçalves et al. (2001), foi de 45,72% e 42,27% contra 50,42% e 44,56% no presente estudo, para o tamanho de 2 mm em animais com e sem suplementação, respectivamente.

De acordo com Vanzant et al. (1998), em função do tamanho dos poros dos sacos utilizados, o processamento da amostra, particularmente sua moagem, pode afetar o desaparecimento do substrato incubado e, consequentemente, alterar as frações solúvel e potencialmente degradável e a taxa de degradação do alimento avaliado. Isto poderia explicar os maiores valores de fração solúvel (a) e de DE obtidos para o TP2, em ambas as dietas experimentais. Além disso, a diminuição do tamanho de partícula aumenta a área de superfície exposta aos processos digestivos ruminais, por meio do maior acesso para os microrganismos atuarem sobre os nutrientes do alimento, sendo que este fator pode influenciar a estimativa da taxa de degradação, principalmente da fração fibrosa (Campos et al., 2006).

Na Tab. 18 podem ser visualizados os parâmetros da degradação ruminal *in situ* da FDN do feno de capim Tifton-85.

O TP2 manteve a tendência observada anteriormente para a MS, de valores superiores de fração solúvel (a) e de DE, da FDN, em relação aos demais tamanhos de partícula avaliados e em ambas as dietas oferecidas (C0 e C75). O TP25 apresentou os maiores valores de fração potencialmente degradável (b) da FDN, em ambas as dietas experimentais. Para o TP10, na dieta com 75% de concentrados (C75), verificou-se o menor valor para a fração b (46,45%) da FDN. Gonçalves et al. (2001) relataram valores para a fração potencialmente degradável (b) da FDN do feno de capim-tifton 85, moído a 2 mm, de 51,24% e 51,65%, nas dietas sem concentrado e com 80% de concentrado, respectivamente. Estes valores são inferiores aos observados no presente trabalho, 61,76% e 59,87%, respectivamente, nas duas dietas experimentais no correspondente tamanho de partícula.

Tabela 18. Parâmetros de degradação ruminal *in situ* da fibra em detergente neutro (FDN) do feno de capim Tifton-85 com diferentes tamanhos de partícula em ovinos recebendo dieta sem concentrado (C0) ou com concentrado (C75)

Item	Tratamento							
	C0				C75			
	TP2	TP5	TP10	TP25	TP2	TP5	TP10	TP25
a (%)	4,78	4,23	3,97	3,60	5,87	5,67	5,59	4,91
b (%)	61,76	62,06	51,51	62,24	59,87	58,79	46,45	61,16
c (h ⁻¹)	0,042	0,037	0,031	0,036	0,029	0,030	0,030	0,029
DE 0,02 (%)	46,65	44,34	35,14	43,73	41,41	41,12	33,52	40,94
DE 0,05 (%)	33,01	30,43	23,55	29,78	27,95	27,89	23,07	27,20
KpO (h ⁻¹)	0,019	0,031	0,022	0,027	0,019	0,031	0,022	0,027
DE KpO (%)	47,40	37,80	33,96	39,35	42,22	34,77	32,45	36,46
R ²	0,98	0,98	0,99	0,97	0,98	0,97	0,91	0,98

TP2 – tamanho de partícula de 2 mm; TP5 – tamanho de partícula de 5 mm; TP10 – tamanho de partícula de 10 mm; TP25 – tamanho de partícula de 25 mm.

a = substrato solúvel e completamente degradado; b = fração insolúvel potencialmente degradável; c = taxa constante de degradação da fração que permanece no saco de náilon.

DE 0,02 = degradabilidade efetiva a uma taxa de passagem ruminal de 2%/h; DE 0,05 = degradabilidade efetiva a uma taxa de passagem ruminal de 5%/h; kpO. = taxa de passagem ruminal da fração sólida obtida em animais recebendo duas refeições; DE kpO = degradabilidade efetiva na taxa de passagem ruminal da fração sólida obtida em animais recebendo duas refeições.

R² = coeficiente de determinação.

Para a taxa de degradação (c), verificou-se valor superior para o TP2, na dieta C0, em relação aos demais tamanhos de partícula avaliados. Considerando os valores teóricos de taxa de passagem ruminal, a DE da FDN variou de 33,52% no TP10 com 75% de concentrado (C75 – TP10) a 46,65% no TP2 com 0% de concentrado (C0 – TP2), com média de 40,85%, na taxa de passagem ruminal de 2%/h. Na taxa de passagem ruminal de 5%/h, estes valores variaram de 23,07% (C75 – TP10) a 33,01% (C0 – TP2), apresentando valor médio de 27,86%. Na taxa de passagem ruminal observada (KpO) a variação foi de 32,45 (C75 – TP10) a 47,40% (C0 – TP2), com valor médio de 38,05%, sendo este inferior à média observada na taxa de passagem ruminal de 2%/h. Gonçalves et al. (2001) relataram a taxa de degradação da FDN (c)

de 0,03, valor inferior ao obtido na dieta sem concentrado (0,04), porém semelhante ao da dieta com 75% de concentrado (0,029) do presente trabalho. A DE da FDN, obtida por Gonçalves et al. (2001), foi de 24,34% e 26,40% contra 47,40% e 42,22% no presente estudo, para o tamanho de 2 mm em animais com e sem suplementação, respectivamente.

Tanto o tamanho de partícula do alimento avaliado, como a dieta utilizada nos ensaios *in situ* podem interferir nos resultados (Petit et al., 1994; Vanzant et al., 1998). A oferta de menores ou maiores quantidades de CNF na dieta afeta o ambiente ruminal, principalmente o pH e as populações específicas de microrganismos ruminais, que segundo Russell et al. (1992), se dividem em dois grupos, os que fermentam carboidratos estruturais e os que fermentam

carboidratos não estruturais. Assim, a adição de elevadas quantidades de CNF na dieta de animais utilizados nos estudos *in situ*, como na dieta com 75% de concentrado, pode levar à prevalência das populações e dos sistemas enzimáticos microbianos que fermentam os carboidratos não-estruturais, reduzindo a digestão da fração fibrosa, conforme foi verificado nos valores inferiores de DE da FDN obtidos na dieta C75 em relação à C0.

Os valores de desaparecimento médio (%) da MS do feno de capim Tifton-85, nos tratamentos estudados, podem ser visualizados na Tab.19. Não houve interação entre tamanho de partícula e dieta ($P>0,05$).

Comparando os valores de desaparecimento nos diferentes tamanhos de partícula, o TP2 apresentou valores superiores nos tempos iniciais ($P<0,05$), porém igual aos demais a partir do tempo 24h, com exceção do TP10, que apresentou valores inferiores em todos os tempos avaliados. O TP2 apresentou um valor médio de desaparecimento *in situ* da MS superior aos demais tamanhos, sendo os TP5 e TP25 semelhantes entre si ($P>0,05$) e superiores ao desaparecimento médio observado para o TP10. Como relatado anteriormente, o TP2 apresentou valores superiores de fração solúvel e de DE da MS, o que pode explicar os valores superiores de desaparecimento da MS obtidos.

Tabela 19. Desaparecimento médio (%) da matéria seca (MS) do feno de capim Tifton-85 com diferentes tamanhos de partícula em ovinos recebendo dieta sem concentrado (C0) ou com concentrado (C75) no tempo zero e em diferentes tempos após a incubação ruminal *in situ*

Tempo de incubação	Tamanho de partícula				Dieta		Média
	TP2	TP5	TP10	TP25	C0	C75	
0h	5,86XF	2,32YF	0,00YF	0,80YF	2,04xF	2,45xG	2,25F
6h	24,50XE	20,29YE	17,72YE	16,87YE	20,15xE	19,55xF	19,85E
12h	31,01XD	27,63YD	25,53YD	26,07YD	27,06xD	28,06xE	27,56D
24h	44,63XC	42,10XC	34,57YC	42,03XC	42,88xC	38,78yD	40,83C
48h	58,72XB	56,74XB	45,96YB	54,36XB	56,33xB	51,55yC	53,94B
72h	62,98XA	60,55XAB	51,50YA	60,96XAB	61,40xA	56,74yB	59,07A
96h	63,64XA	63,29XA	52,13YA	64,46XA	61,22xA	60,55xA	60,88A
Média	41,62X	38,99Y	32,53Z	37,94Y	38,73x	36,81x	

Médias nos diferentes tamanhos de partícula seguidas de letras maiúsculas (X, Y, Z) distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK ($P<0,05$).

Médias nas diferentes dietas seguidas de letras minúsculas (x, y) distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK ($P<0,05$).

Médias seguidas de letras maiúsculas (A – G) distintas na coluna diferem entre si pelo teste SNK ($P<0,05$).

TP2 – tamanho de partícula de 2 mm; TP5 – tamanho de partícula de 5 mm; TP10 – tamanho de partícula de 10 mm; TP25 – tamanho de partícula de 25 mm.

Coefficiente de Variação = 8,33%

Campos et al. (2006) não relataram efeito do tamanho de partícula do volumoso (1 ou 2 mm) sobre os parâmetros de degradação *in*

situ. De acordo com a literatura, as recomendações para tamanhos de partícula de volumosos variam de 1,5 a 5mm.

Tamanhos de partícula muito pequenos poderiam induzir a excessivas perdas de nutrientes, mas por outro lado, a ausência de processamento, ou tamanhos de partícula muito grandes, não simularia os efeitos da mastigação e da ruminação sobre o alimento (Vanzant et al., 1998).

Entre as dietas experimentais (C0 e C75) houve diferença ($P<0,05$) nos tempos 24, 48 e 72h, sendo o desaparecimento *in situ* da MS superior nos animais recebendo a dieta sem concentrado (C0). Na média, entre das duas dietas experimentais, não ocorreu efeito ($P>0,05$) do fornecimento de concentrado sobre o desaparecimento *in situ* da MS.

De maneira geral a degradação *in situ* da MS tendeu a se estabilizar no tempo 72h, o que sugere que a partir de 48h toda a MS potencialmente degradável já teria sido digerida, restando apenas a fração indisponível às enzimas dos microrganismos ruminais e do animal. Sendo assim, poderia ser a incubação ruminal *in situ* durante 72 horas um método útil na estimativa da MS digestível (MSD) do feno de capim Tifton-85, de características similares às do presente estudo.

O desaparecimento médio (%) da FDN do feno de capim Tifton-85, nos tratamentos avaliados, podem ser visualizados na Tab.20. Não houve interação entre tamanho de partícula e dieta ($P>0,05$).

Tabela 20. Desaparecimento médio (%) da fibra em detergente neutro (FDN) do feno de capim Tifton-85 com diferentes tamanhos de partícula em ovinos recebendo dieta sem concentrado (C0) ou com concentrado (C75) no tempo zero e em diferentes tempos após a incubação ruminal *in situ*

Tempo de incubação	Tamanho de partícula				Dieta		Média
	TP2	TP5	TP10	TP25	C0	C75	
0h	5,16XF	5,15XF	3,97XG	4,18XG	4,77xF	4,77xG	4,77G
6h	18,10XE	16,86XE	12,97XF	14,04XF	15,84xE	15,15xF	15,49F
12h	24,42XD	22,05XD	21,44XE	23,87XE	22,74xD	23,15xE	22,94E
24h	39,91XC	39,25XC	29,76YD	39,59XD	39,89xC	34,36yD	37,13D
48h	56,35XB	54,63XB	41,61YC	51,16XC	53,92xB	47,96yC	50,94C
72h	60,25XAB	57,12XB	47,48YB	58,91XB	58,54xA	53,34yB	55,94B
96h	63,64XA	63,29XA	52,13YA	63,76XA	61,14xA	60,28xA	60,71A
Média	38,26X	36,91X	29,91Y	36,59X	36,69x	34,14x	

Médias nos diferentes tamanhos de partícula seguidas de letras maiúsculas (X, Y, Z) distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK ($P<0,05$).

Médias nas diferentes dietas seguidas de letras minúsculas (x, y) distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK ($P<0,05$).

Médias seguidas de letras maiúsculas (A – G) distintas na coluna diferem entre si pelo teste SNK ($P<0,05$).

TP2 – tamanho de partícula de 2 mm; TP5 – tamanho de partícula de 5 mm; TP10 – tamanho de partícula de 10 mm; TP25 – tamanho de partícula de 25 mm.

Coefficiente de Variação = 10,13%

Os valores de desaparecimento da FDN (%), no TP10 foram inferiores ($P<0,05$) a partir

do tempo 24h e na média geral, em relação aos demais tamanhos de partícula.

Entre as dietas experimentais (C0 e C75) houve diferença ($P < 0,05$) nos tempos 24, 48 e 72h, sendo o desaparecimento *in situ* da FDN superior nos animais recebendo a dieta sem concentrado (C0). Na média, entre as duas dietas experimentais, não ocorreu efeito ($P > 0,05$) do fornecimento de concentrado sobre o desaparecimento *in situ* da FDN. O aumento do teor de CNF na dieta (4,05% da MS na dieta C0 e 21,54% na dieta C75) não afetou a digestão da FDN, ao contrário do relatado na literatura sobre a influência do teor de CNF sobre a população de microrganismos ruminais, e consequentemente, sobre a digestão dos nutrientes dos alimentos (Vanzant et al., 1998).

Gonçalves et al. (2001) verificaram influência da relação V:C sobre a digestibilidade ruminal *in situ* da FDN do feno de Tifton-85, ocorrendo aumento na digestibilidade da FDN com a redução do pH ruminal de 7,05 para 6,55 e posterior queda na digestibilidade da FDN em pH inferior a 6,55. Isso sugere que o pH ótimo para a digestão da FDN no rúmen seria em torno de 6,55, e que a inclusão de concentrado na dieta, promovendo quedas mais acentuadas no pH ruminal, poderia prejudicar a atividade dos microrganismos ruminais que degradam os carboidratos estruturais (CE), reduzindo a digestão da FDN. Portanto, a inclusão de 75% de concentrado nas dietas dos ovinos utilizados pode ter interferido na digestibilidade da FDN, nos tempos 48 e 72h, através deste mecanismo de ação. Deve-se destacar, no entanto, que Gonçalves et al. (2001) chamaram a atenção de que caprinos teriam maior adaptabilidade a altos teores de concentrado na dieta, em virtude de seus hábitos alimentares. Em função dos ovinos também apresentarem maior seletividade sobre os alimentos oferecidos, eles poderiam sofrer menor influência da dieta sobre a digestibilidade ruminal e, por consequência, sobre os ensaios *in situ* que venham a utilizar estes animais.

Observa-se que a degradação *in situ* da FDN tendeu a se estabilizar no tempo 96h, o que sugere que a partir do tempo 72h toda a FDN potencialmente degradável já teria sido digerida, restando apenas a fração indisponível da FDN às enzimas dos microrganismos ruminais. Nos diferentes tamanhos de partícula e nas duas dietas experimentais a degradação *in situ* da FDN tendeu a se estabilizar previamente no menor tamanho de partícula (TP2) e na dieta sem concentrado (C0).

Rocha Júnior et al. (2003) observaram que a equação que estima a FDN digestível (FDND), proposta pelo Nutriente... (2001), para bovinos leiteiros, subestima a energia disponível da FDN de alimentos volumosos tropicais para vacas leiteiras. De acordo com Silva et al. (2007), a incubação *in situ* durante 72 horas poderia ser usada para prever a fração digestível da FDN do capim-elefante. Sendo assim, os achados do presente trabalho, sugerem que a incubação *in situ*, porém por tempo maior do que o relatado na literatura, também poderia ser utilizada na determinação da fração digestível da FDN do feno de capim Tifton-85, e consequentemente, na predição do valor energético deste alimento para ruminantes.

4.4- Conclusões

O tamanho de partícula do volumoso e a dieta utilizada influenciam os parâmetros de degradação e a taxa de desaparecimento ruminal da MS e da FDN, sendo importante a padronização dessas variáveis nos ensaios *in situ* em ovinos.

4.5- Referências Bibliográficas

- ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **J. Anim. Sci.** v.74, p.3063-3075, 1996.
- CAMPOS, P.R.S.S.; VALADARES FILHO, S.C.; CECOM, P.R. et al. Estudo

- comparativo da cinética de degradação ruminal de forragens tropicais em bovinos e ovinos. **Arq. Bras. Méd. Vet. Zootec.**, v.58, p.1181-1191, 2006.
- GONÇALVES, L.A.; LANA, R.P.; RODRIGUES, M.T. et al. Degradabilidade ruminal da matéria seca e da fibra em detergente neutro de alguns volumosos utilizados na alimentação de cabras leiteiras, submetidas a dietas com diferentes relações volumoso:concentrado. **R. Bras. Zootec.** v.30, p.1893-1903, 2001.
- MCDONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **J. Agric. Sci. Camb.** v.96, p.251-252, 1981.
- NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: A review. **J. Dairy Sci.** v.71, p.2051-2069, 1988.
- NUTRIENT requirements of dairy cattle. 7.ed. Washington, D.C.: National Academic, 2001. 381p.
- ØRSKOV, E.R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **J. Agric. Sci.**, v.92, p.499-503, 1979.
- PETIT, H.V.; RIOUX, R. TREMBLAY, G.F. Evaluation of forages and concentrates by the "in situ" degradability technique. IN: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES. Maringá, 1994. **Anais da XXXI Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia.** Maringá: UEM, p.119-133, 1994.
- ROCHA JÚNIOR, V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M. et al. Estimativa do valor energético dos alimentos e validação das equações propostas pelo NRC (2001). **R. Bras. Zootec.** v.32, p.480-490, 2003.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G., VAN SOEST, P.J., SNIFFEN, C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **J. Animal Sci.**, v.70, p.3551-3561, 1992.
- SISTEMA de análises estatísticas e genéticas. SAEG 8.0. Viçosa:UFV, 1998.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SILVA, P.A.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Valor energético do capim-elefante em diferentes idades de rebrota e estimativa da digestibilidade *in vivo* da fibra em detergente neutro. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** v.59, p.711-718, 2007.
- STERN, M.D.; BACH, A.; CALSAMIGLIA, S. Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. **J. Anim. Sci.**, v.75, p.2256-2276, 1997.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994, 476p.
- 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. **J. Dairy Sci.**, v.74, p.3583-3597, 1991.
- VANZANT, E.S.; COCHRAN, R.C.; TITGEMEYER, E.C. Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. **J. Anim. Sci.**, v.76, p.2717-2729, 1998.

Capítulo 5 - Efeito do tamanho de partícula do volumoso e da frequência de alimentação sobre o balanço de nitrogênio, o metabolismo energético e a estimativa do valor energético da dieta em ovinos

Effect of the forage particle size and the number of feedings over the nitrogen balance, energy metabolism and energy value of diet in sheep

RESUMO

Oito carneiros com peso vivo médio de 52,5 kg foram avaliados em esquema fatorial 2x4, sendo duas frequências de alimentação e quatro tamanhos de partícula do feno, em delineamento em blocos ao acaso. Foi utilizado o feno de Tifton-85 (*Cynodon* spp.) como volumoso e concentrado comercial utilizando-se relação volumoso:concentrado (V:C) de 25:75%. O trabalho de calorimetria e respirometria foi conduzido em câmara respirométrica individual do tipo circuito aberto para pequenos ruminantes. Foram determinados os teores de oxigênio (O₂), gás carbônico (CO₂) e metano (CH₄). Na urina foi determinado o teor de nitrogênio (NUR). A partir destes parâmetros foi determinada a produção de calor (PC). O nitrogênio (N) retido foi de 0,63 g/dia/UTM, representando 36,0% do N ingerido (g/dia) e 46,84% do N absorvido (g/dia). A produção média de CH₄ foi de 1,45 L/UTM/dia. A PC foi cerca de 40,0% da energia bruta ingerida (EBI). As perdas de energia pelo CH₄ representaram 4,88% da energia bruta (EB) e 5,94% da energia digestível (ED). A energia metabolizável (EM) foi 73,24% da EBI e a energia líquida (EL) apresentou valor médio de 1.807,35 kcal/dia. Os tratamentos não afetaram o balanço de nitrogênio e o metabolismo energético em ovinos.

Palavras-chave: calorimetria, energia líquida, fibra fisicamente efetiva, respirometria.

ABSTRACT

Eight sheep with live weight of 52.5 kg were studied in completely randomized blocks design in factorial 2x4 scheme, fed in two daily frequencies and four particle size of forage. Tifton-85 hay and a commercial concentrate were used with a ratio of 25:75%, respectively. Respiration calorimetry work was carried using an open circuit respiration chamber for small ruminants. The oxygen (O₂), carbonic gas (CO₂), methane (CH₄) and urinary nitrogen (URN) levels were determined and used in body heat production (HP) determination. The retained nitrogen (N) was 0.63 g/day/kg MW (metabolic weight). This value was 36.0% of N intake and 46.84% of absorbed N. The HP was 40.0% of gross energy intake (GEI). The energy loss as CH₄ was 4.88% of gross energy (GE) and 5.94% of digestible energy (DE). The metabolizable energy (ME) was 73.24% of GEI and the net energy (NE) of diets was 1.807.35 kcal/day. Feeding frequency and particle size of forage didn't have effect on nitrogen balance and energy metabolism of sheep.

Keywords: calorimetry, net energy, physically effective fiber, respirometry.

5.1- Introdução

O teor energético dos alimentos é um dos principais determinantes da produção animal, sendo fundamental o conhecimento

da eficiência energética de dietas (Blaxter, 1956). A adoção da EL como forma de expressar as exigências dos animais e o conteúdo energético dos alimentos pode

tornar mais precisa a formulação de rações para os ruminantes.

A energia retida nos tecidos corporais ou utilizada na produção é calculada como a diferença entre a EB total consumida e as perdas de energia nas fezes, na urina, nos gases produzidos e na produção de calor (Blaxter, 1956). Nos ruminantes, uma das principais formas de perda de energia ocorre através da liberação de CH₄, podendo variar de 5-8% da energia bruta ingerida (Nutrient..., 2007). A perda de energia na forma de CH₄ aumenta com o incremento de forragem na dieta (Van Soest, 1994), sendo afetada também pelo nível de consumo e pelo uso de aditivos. Outro fator que pode influenciar a produção de CH₄ é o processamento dos alimentos e o manejo nutricional, que podem afetar o consumo, a taxa de passagem e a digestibilidade ruminal e intestinal dos volumosos e concentrados. Processos e manejos que melhorem a utilização dos alimentos seriam desejáveis, tanto do ponto de vista econômico como do ambiental.

A determinação da PC pelo animal em jejum é importante, pois representa a energia gasta com a manutenção (Rodríguez et al., 2007). Neste contexto, o uso de câmaras de calorimetria e respirometria permite a determinação da produção de CH₄ e de calor, possibilitando a estimativa da exigência de EL e do teor de EL da dieta.

A determinação do teor de N retido nos tecidos corporais é uma importante forma de avaliação do valor nutricional das dietas para ruminantes. Quanto maior for a degradabilidade da proteína da ração, maior será a produção de amônia e, possivelmente, maiores serão as perdas urinárias de compostos nitrogenados na forma de uréia. Para que estas perdas sejam reduzidas, e que seja maximizado o crescimento microbiano, há necessidade de sincronização entre as taxas de degradação das frações nitrogenadas e dos carboidratos (Russell et al., 1992). A otimização do uso da proteína

degradável no rúmen (incluindo o nitrogênio não protéico) é obtida quando as degradações da proteína e dos carboidratos são sincronizadas (Sniffen et al., 1992). Como o processamento dos alimentos e as práticas de manejo nutricional adotadas podem influenciar o ambiente ruminal e a velocidade de degradação de carboidratos e proteínas no rúmen, consequentemente, eles poderão afetar o balanço de nitrogênio e o valor nutritivo das dietas.

Sendo assim, foram avaliados os efeitos do tamanho de partícula do volumoso e de dois manejos alimentares sobre o metabolismo energético, o valor energético da dieta e o balanço de nitrogênio em ovinos.

5.2- Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Calorimetria e Respirometria Animal, localizado na Escola de Veterinária da UFMG em Belo Horizonte (MG) nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2005. As análises laboratoriais foram realizadas nas dependências do Laboratório de Nutrição do Departamento de Zootecnia da EV-UFMG. As temperaturas máximas e mínimas foram, respectivamente, de 31°C e 21°C e os valores máximos e mínimos de umidade relativa do ar foram, respectivamente, de 90,0% e 28,0%, durante o período experimental.

Foram utilizados oito carneiros com peso vivo médio de 52,5 kg, alojados em gaiolas de metabolismo, tendo o cocho separação para concentrado e volumoso. Foram empregados o feno de Tifton-85 (*Cynodon* spp.) como volumoso e um concentrado comercial de manutenção constituído de milho moído (17,2%), farelo de glúten de milho (8,3%), gérmen de milho gordo (15,0%), casca de soja (24,0%), resíduo de feijão (18,0%), farelo de babaçu (12,0%), óleo vegetal (1,0%), melaço líquido (1,0%), cloreto de sódio (0,6%), calcário calcítico (2,8%) e premix mineral vitamínico (0,1%).

As dietas foram balanceadas de acordo com o Nutrient... (1985) para ganho de peso, deixando-se sobras de 5% e utilizando-se relação V:C de 25:75%. A composição bromatológica do volumoso, do concentrado e da dieta experimental encontra-se na Tab.21.

Foram adotados dois manejos alimentares denominados de F2 e F4, respectivamente: duas refeições diárias às 7 h e 19 h ou quatro refeições diárias às 7 h, 11 h, 15 h e 19 h. O feno foi submetido à desintegração com triturador comercial, dotado com peneiras de quatro tamanhos: T1 – 2 mm, T2 – 5 mm, T3 – 10 mm e T4 – 25 mm; que constituíam, respectivamente, os tamanhos de partícula denominados de TP2, TP5, TP10 e TP25. Aproximadamente, 500 g do material obtido em cada peneira foram colocados no

separador de partícula modelo *Penn State*, contendo duas peneiras (19 e 8 mm de porosidade) e uma bandeja de fundo, e avaliados de acordo com Lammers et al. (1996). O perfil de distribuição (%) da fibra em detergente neutro (FDN) das partículas do feno e os diâmetros geométricos médios (Dgm) dos diferentes tratamentos são apresentados na Tab.22. O fator de efetividade física (fef) dos diferentes tamanhos de partícula foi determinada como a fração da MS retida acima da peneira de 8 mm de porosidade e a fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe) obtida pela multiplicação do fef pelo teor da FDN da amostra de feno. O Dgm e o desvio-padrão geométrico médio (Sgm) foram calculados conforme o ASAE (2001), citado por Kononoff e Heinrichs (2003).

Tabela 21. Composição bromatológica do feno (FEN), do concentrado (CONC) e da dieta utilizada

Item	FEN	CONC	DIETA ²
MS (%)	84,78	85,45	85,28
MO ¹	94,91	90,87	91,88
PB ¹	10,33	19,27	17,03
EE ¹	2,31	3,25	3,02
Cinzas ¹	5,09	9,13	8,12
CNF ¹	4,05	27,43	21,59
FDN ¹	78,22	40,92	50,24
FDA ¹	35,90	23,20	26,37
LIG ¹	3,05	4,12	3,85

MS - matéria seca; MO - matéria orgânica; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; CNF - carboidratos não-fibrosos; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; LIG - lignina.

¹ % da MS.

²Dieta contendo 75% de concentrado.

Foi realizado ensaio de digestibilidade aparente em quatro períodos experimentais, fazendo-se a adaptação às dietas durante de 14 dias. Foram pesados e amostrados diariamente os alimentos oferecidos, as sobras e as fezes, fazendo-se um *pool* das amostras de cada animal, dos cinco dias

coletados. As fezes foram recolhidas em bandejas plásticas e a urina acondicionada em baldes adaptados com tela separadora e contendo 100 mL de ácido sulfúrico 2 N. As amostras dos alimentos, das sobras e das fezes foram pré-secas em estufa ventilada regulada a 55°C, moídas a 1 mm e a urina

mantida congelada. Para as amostras de alimentos oferecidos, sobras e fezes foram realizadas as análises de MS a 105°C e proteína bruta (PB), e na urina a análise de PB, conforme técnicas descritas por Silva e Queiroz (2002). As análises de FDN foram realizadas de acordo com os métodos de Van Soest et al. (1991).

O trabalho de respirometria foi conduzido em câmara respirométrica individual do tipo circuito aberto para pequenos ruminantes, com coletas de amostras dos gases realizadas a cada 15 minutos e duração total

de 24 h. Os animais foram previamente adaptados ao ambiente da câmara por 48 h sendo a temperatura da câmara mantida entre 20 e 25°C. As alíquotas do ar foram retiradas automaticamente por bomba e canalizadas até os analisadores para determinação dos teores de O₂, CO₂ e CH₄. A PC foi determinada usando-se a equação de Brouwer (1965): $PC (kJ) = 16,18 O_2 + 5,02 CO_2 - 2,17 CH_4 - 5,99 NUR$. O coeficiente respiratório (RQ) foi calculado pela relação entre o CO₂ produzido/O₂ consumido.

Tabela 22. Perfil de distribuição (%) da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) das partículas dos tratamentos

Tamanho de partícula	Tratamento			
	TP2	TP5	TP10	TP25
% MS retida				
> 19 mm	0,00	0,00	65,29	82,38
8 – 19 mm	25,50	27,30	3,34	13,67
< 8 mm	74,50	72,70	31,37	3,95
Dgm (mm)	1,65	1,74	9,45	23,05
Sgm (mm)	3,91	4,10	18,92	30,13
% FDN retida				
> 19 mm	0,0	0,0	66,36	82,07
8 – 19 mm	24,39	25,86	3,25	13,81
< 8 mm	75,61	74,14	30,39	4,12
Fef	0,24	0,26	0,70	0,96
FDNfe (%MS)	18,77	20,34	54,75	75,09

TP2 – tamanho de partícula de 2 mm; TP5 – tamanho de partícula de 5 mm; TP10 – tamanho de partícula de 10 mm; TP25 – tamanho de partícula de 25 mm.

Dgm – diâmetro geométrico médio calculado conforme ASAE (2001); Sgm – desvio padrão geométrico médio calculado conforme ASAE (2001).

fef – fator de efetividade física $[(100 - \% \text{ de MS} < 8 \text{ mm})/100]$; FDNfe (%MS)– fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (fef * %FDN do feno) expressa como porcentagem da matéria seca.

O teor de EB dieta oferecida, das sobras, das fezes e da urina foi determinado em bomba calorimétrica, a ED da dieta foi determinada pela diferença entre a EB ingerida e a EB

excretada nas fezes. A EM da dieta correspondeu à ED da dieta subtraída da energia bruta liberada na produção de metano e de urina e a EL da dieta obtida

pela diferença entre a EM da dieta e a energia da produção de calor. Foi adotado o valor de energia do CH₄ 9,44 kcal/L de acordo com Blaxter e Clapperton (1965). Todos os valores, com exceção do NUR, foram expressos em kcal/dia ou kcal por unidade de tamanho metabólico (UTM = PV^{0,75}). Foi determinado também o balanço de nitrogênio (N), obtendo-se o N retido (g/d) pela diferença entre o N consumido (g/d) e o N excretado nas fezes e urina (g/d).

Foi adotado esquema fatorial 2x4, sendo duas frequências de alimentação e quatro tamanhos de partícula do feno, em delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições (animais). Para

comparação das variáveis estudadas, foi utilizado o teste SNK, em nível de 5% através do SAEG 8.0 (Sistema..., 1998).

5.3- Resultados e Discussão

As médias e os coeficientes de variação (CV%) do balanço de nitrogênio são apresentados na Tab. 23. Os tratamentos (F2 e F4 e TP2, TP5, TP10 e TP25), bem como a interação entre eles, não afetaram os parâmetros estudados (P>0,05).

Tabela 23. Médias e coeficientes de variação (CV) do balanço de nitrogênio (N) nos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos								Média	CV (%)
	F2				F4					
	TP2	TP5	TP10	TP25	TP2	TP5	TP10	TP25		
N ingerido (g/dia)*	29,19	36,40	27,22	33,29	39,52	36,76	36,19	32,55	33,89	24,30
N fecal (g/dia)*	7,75	8,65	5,93	7,36	8,66	8,43	8,74	7,38	7,86	33,16
N absorvido (g/dia)*	21,43	27,74	21,28	25,92	30,85	28,33	27,44	25,16	26,02	22,94
N urinário (g/dia)*	13,15	15,06	12,77	13,37	15,07	13,89	13,34	12,95	13,70	23,46
N retido (g/dia)*	8,28	12,69	8,51	12,55	15,78	14,43	14,10	12,21	12,31	37,94
N retido (g/UTM)*	0,47	0,67	0,42	0,63	0,84	0,67	0,75	0,63	0,63	37,75
N retido/N ing.(%)*	29,96	33,44	32,64	38,37	40,14	38,49	38,57	36,42	36,00	24,38
N retido/N abs.(%)*	38,71	45,75	39,98	48,43	51,12	50,91	51,38	48,50	46,84	22,75

*Não houve diferença entre tratamentos (SNK; p>0,05).

F2 – frequência de alimentação duas vezes ao dia; F4 – frequência de alimentação quatro vezes ao dia; TP2 – tamanho de partícula de 2 mm; TP5 – tamanho de partícula de 5 mm; TP10 – tamanho de partícula de 10 mm; TP25 – tamanho de partícula de 25 mm.

UTM – unidade de tamanho metabólico (PV^{0,75}).

O N retido apresentou valores médios de 12,31g/dia ou de 0,63g/dia/UTM, representando 36,0% do N ingerido e 46,84% do N absorvido, que apresentaram, respectivamente, valores médios de 33,89g/dia e 26,02g/dia. Resultados semelhantes foram relatados por Henrique et al. (2003), em ovinos recebendo dieta com

relação volumoso:concentrado de 20:80% que observaram valores médios de N ingerido (g/dia) e de N retido (g/dia) de 27,36 e 9,81, respectivamente. Chandramoni et al. (2000a), estudando o efeito de diferentes de níveis de concentrado sobre o balanço de N em ovinos, encontraram na relação V:C de 30:70%, 21,9g/dia de N

consumido, 13,5g/dia de N absorvido e 3,04g/dia de N retido, valores estes inferiores aos observados no presente estudo.

Os diferentes tamanhos de partícula utilizados não afetaram o balanço de N ($P>0,05$). Embora pudesse ser esperado aumento na retenção de N com a redução do tamanho de partícula do volumoso e com a maior área de superfície exposta ao ataque microbiano (Church, 1993), não se verificou um aumento no N absorvido.

Segundo Firkins et al. (1986), a moagem da forragem diminui a extensão da digestão ruminal deste alimento, aumenta a ingestão de MS e pode aumentar a eficiência de síntese de proteína microbiana. Estes autores também não verificaram efeito do tamanho de partícula do volumoso sobre a digestibilidade total de N, em novilhos recebendo feno de gramínea picado grosseiramente ou finamente numa relação V:C de 70:30%. Isso pode ter ocorrido devido à passagem mais rápida das partículas menores através do trato gastrointestinal, tendo-se, consequentemente, efeito compensatório. Também deve-se destacar a baixa participação proporcional do volumoso na dieta do presente ensaio, sendo que a digestibilidade do N do volumoso ter tido pouco efeito na digestibilidade total do N. É sabido que os principais fatores que influenciam a retenção de N no organismo do ruminante são os teores de N e a energia da dieta, fatores estes semelhantes nas dietas experimentais.

Como observado no ensaio de consumo e digestibilidade do Cap.2, a frequência de alimentação não influenciou ($P>0,05$) o consumo e a digestibilidade da MS e do N o que explica os resultados observados para o balanço de N terem sido semelhantes. De acordo com Gibson (1984), o aumento na frequência de alimentação pode melhorar a ingestão de MS e a conversão alimentar, principalmente, por garantir ambiente

ruminal mais estável e adequado para o crescimento e ação da microbiota ruminal (DeVries et al., 2005). Isto também poderia garantir maior digestibilidade dos nutrientes, incluindo a de N. Porém, no presente trabalho estes efeitos não foram observados. Deve-se ressaltar que tanto os animais que recebiam a dieta na frequência de duas vezes ao dia (F2) como os que recebiam quatro vezes ao dia (F4) tiveram livre acesso ao alimento fresco durante todo o dia. Além de não ter existido competição entre os animais devido à forma de alojamento, o que pode ter garantido consumo mais constante ao longo do dia e explicar esta ausência de efeitos para o aumento da frequência de alimentação.

Os tratamentos (F2 e F4 e TP2, TP5, TP10 e TP25) e as interações entre eles não afetaram o metabolismo energético dos ovinos ($P>0,05$) (Tab. 24 e 25).

A produção de CH_4 variou de 1,00 a 1,72 L/UTM/dia e apresentou valor médio de 1,45 L/UTM/dia que foi superior ao observado por Chandramoni et al. (2000a) (0,87 L/UTM/dia) na relação V:C 30:70%. Blaxter e Clapperton (1965), revisando a literatura, encontraram produção média de 29,9 L/dia, valor próximo ao observado no presente trabalho (28,0 L/dia). De acordo com estes autores, os principais fatores que afetam a produção de CH_4 são a fonte de volumoso, o tipo de carboidrato da dieta e a taxa de fermentação do mesmo, fatores estes semelhantes nas dietas experimentais, o que pode ter acarretado a igualdade de resultados encontrados. Segundo Van Soest (1994), a oferta de dieta com elevada proporção de carboidratos solúveis resulta em ambiente ruminal inadequado para o crescimento das bactérias metanogênicas. Este ambiente é caracterizado pelo abaixamento do pH, o que prejudica certas populações de protozoários e de bactérias metanogênicas, reduzindo assim a produção de CH_4 .

Tabela 24. Médias e coeficientes de variação (CV) dos parâmetros da respirometria nos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos								Média	CV (%)
	F2				F4					
	TP2	TP5	TP10	TP25	TP2	TP5	TP10	TP25		
UTM	17,90	18,40	20,50	20,10	18,90	21,40	18,80	18,60	19,32	-
CONSO ₂ *	20,72	25,76	20,85	24,72	22,91	25,11	23,66	23,73	23,43	19,07
PCO ₂ *	21,67	25,85	21,40	24,68	24,75	25,84	24,67	26,19	24,38	19,14
RQ*	1,04	1,01	1,03	1,00	1,10	1,05	1,06	1,11	1,04	6,05
PCH ₄ *	1,21	1,59	1,00	1,44	1,53	1,72	1,55	1,69	1,45	40,91
NUR*	13,16	15,10	12,77	13,37	15,10	13,90	13,34	12,95	13,70	23,46
PC*	102,6	127,1	100,9	123,2	112,3	119,1	116,2	120,4	115,09	18,58

*Não houve diferença entre tratamentos (SNK; $p > 0,05$).

F2 – frequência de alimentação duas vezes ao dia; F4 – frequência de alimentação quatro vezes ao dia; TP2 – tamanho de partícula de 2 mm; TP5 – tamanho de partícula de 5 mm; TP10 – tamanho de partícula de 10 mm; TP25 – tamanho de partícula de 25 mm.

UTM – unidade de tamanho metabólico (kg PV^{0,75}); CONSO₂ – consumo de oxigênio (L/dia/UTM); PCO₂ – produção de gás carbônico (L/dia/UTM); RQ – coeficiente respiratório; PCH₄ – produção de metano (L/dia/UTM); NUR – nitrogênio urinário (g/dia); PC – produção de calor (kcal/dia/UTM).

A PC inclui o calor produzido como resultado dos processos fermentativos do trato gastrointestinal e o liberado no metabolismo intermediário, representando em média 25,0 a 40,0% da EB consumida (Nutrient...2007). A PC representou cerca de 40,0% da EB consumida, valor próximo do sugerido pelo Nutrient... (2007). Ela apresentou valor médio de 115,0 kcal/UTM/dia, enquanto Chandramoni et al. (2000a) verificaram produção média de 92,0 kcal/UTM/dia. Tais diferenças podem se devidas a fatores ambientais e biológicos (sexo, idade, raça, ganho) que influenciam diretamente a taxa metabólica dos animais. Entre os fatores ambientais destaca-se a restrição alimentar, sendo que animais em jejum reduzem expressivamente a produção de calor, como relatado por Chandramoni et al. (2000b), que verificaram PC média de 53,2 kcal/UTM/dia em ovinos recebendo dieta com uma relação V:C 30:70% para atender às necessidades de manutenção.

O consumo médio de EB foi de 5.508,10 kcal/dia e variou de 4.449,70 a 6.365,60 kcal/dia. Chandramoni et al. (2000a) verificaram consumo médio de EB de 3.840,0 kcal/dia na relação V:C de 30:70%, valor inferior à média observada. Verificou-se consumo médio de ED de 4.476,97 kcal/dia, valor superior ao observado por Chandramoni et al. (2000a), de 2.310,0 kcal/dia. A eficiência de uso da EB como ED foi de 81,27%, valor bem superior aos 60,0% observados por Chandramoni et al. (2000a) e próximo ao sugerido pelo Nutrient...(2007) de 70,0 a 80,0%, para dietas com elevada proporção de concentrado. Portanto, essa elevada eficiência ocorreu, provavelmente, devido à alta inclusão de concentrado na dieta o que afetou positivamente a digestão dos nutrientes.

A energia perdida na urina representa, em média, 4 a 5% da EB (Nutrient... 2007), valor superior ao observado, de 3,19% (175,68 kcal/dia). Segundo o (Nutrient...

2007) os principais fatores que influenciam a EBUR são as concentrações dietéticas de proteína e gordura e a relação V:C, fatores estes semelhantes nas diferentes dietas experimentais.

De acordo com o Nutrient... (2007), a energia perdida através dos gases da digestão podem representar de 5-8% da EB consumida. A energia liberada na forma de CH₄ variou de 193,62 a 346,32 kcal/dia e foi, em média, de 266,70 kcal/dia, valor superior aos 111,0 kcal/dia observada por Chandramoni et al. (2000a). As perdas de energia pelo CH₄ expressas como porcentagem da EB e da ED foram, respectivamente, de 4,88 e 5,94%, sendo superiores às relatadas por Chandramoni et

al. (2000a) (2,98 e 4,87%) para dietas com elevada proporção de concentrado. Fatores como a relação V:C, assim como a qualidade e o processamento dos alimentos podem afetar a produção e, consequentemente, a energia perdida na forma de metano. Além disso, como relatado anteriormente, dietas como as do presente experimento, com elevada proporção de concentrado (75%) podem provocar mudanças no padrão de fermentação ruminal, prejudicando a população de bactérias metanogênicas e favorecendo a produção de propionato, o que resulta em redução na produção de CH₄, com aumento na eficiência energética.

Tabela 25. Médias e coeficientes de variação (CV) dos parâmetros do metabolismo energético nos diferentes tratamentos

Tratamentos										
Item	F2				F4				Média	CV (%)
	TP2	TP5	TP10	TP25	TP2	TP5	TP10	TP25		
EBI*	4.700,5	5.922,1	4.449,7	5.409,6	6.365,6	5.999,6	5.897,2	5.320,5	5.508,1	23,80
EBFEZ*	1.030,8	1.182,3	778,0	941,7	1.059,4	1.062,3	1.209,5	985,0	1.031,1	21,30
ED*	3.669,7	4.739,8	3.671,7	4.467,9	5.306,2	4.937,3	4.687,7	4.335,5	4.476,9	23,40
EBUR*	144,36	255,49	148,87	142,23	181,62	156,99	160,89	215,00	175,68	63,24
ECH ₄ *	203,90	275,44	193,62	273,62	272,42	346,32	275,08	295,4	266,97	42,27
EM*	3321,4	4208,8	3329,2	4052,0	4852,2	4433,9	4251,7	3825,2	4034,3	23,32
ECH ₄ /EB*	4,34	4,65	4,35	5,06	4,28	5,77	4,66	5,55	4,83	36,20
ECH ₄ /ED*	5,56	5,81	5,27	6,12	5,13	7,01	5,87	6,81	5,94	37,50
PC*	1.836,3	2.338,1	2.068,6	2.476,0	2.122,5	2.549,8	2.184,4	2.239,9	2.226,9	21,36
EL*	1.485,1	1.870,7	1.260,6	1.576,0	2.729,7	1.884,1	2.067,3	1.585,2	1.807,3	62,2

*Não houve diferença entre tratamentos (SNK; p>0,05).

F2 – frequência de alimentação duas vezes ao dia; F4 – frequência de alimentação quatro vezes ao dia; TP2 – tamanho de partícula de 2 mm; TP5 – tamanho de partícula de 5 mm; TP10 – tamanho de partícula de 10 mm; TP25 – tamanho de partícula de 25 mm.

EBI – energia bruta ingerida (kcal/dia); EBFEZ – energia bruta das fezes (kcal/dia); ED – energia digestível (kcal/dia); EBUR – energia bruta da urina (kcal/dia); ECH₄ – energia do metano (kcal/dia); EM – energia metabolizável (kcal/dia); ECH₄/EB – energia do metano como porcentagem da EB; ECH₄/ED – energia do metano como porcentagem da ED; PC – produção de calor (kcal/dia); EL – energia líquida (kcal/dia).

A EM variou de 3.321,4 kcal/dia a 4.852,2 kcal/dia, com valor médio de 4.034,32 kcal/dia, sendo 73,24% da EBI. Este valor encontra-se abaixo do fator de conversão de 0,82 (82% da ED) adotado pelo Nutrient... (2007). A EL disponível para as atividades de manutenção e produção, apresentou valor médio 1.807,35 kcal/dia, sendo superior ao obtido por Chandramoni et al. (2000a), de 717,0 kcal/dia com dieta contendo 70% de concentrado. Segundo o Nutrient... (2007) é esta energia que o animal irá utilizar para a atividade muscular, no reparo e na proliferação tecidual e em processos involutários. A EL também será utilizada nos processos produtivos como crescimento, lactação, reprodução e produção de lã.

5.4- Conclusões

O tamanho de partícula do volumoso e a frequência de alimentação, em dietas com elevada proporção de concentrado, não tem efeito sobre o balanço de nitrogênio e o metabolismo energético em ovinos.

5.5- Referências Bibliográficas

ASAE. S424. Method of determining and expressing particle size of chopped forage materials by sieving. In Standards. Am. Soc. Agric. Eng. St. Joseph, MI, 2001.

BLAXTER, K.L.; CLAPPERTON, J.L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **Br. J. Nutr.** v.19, p.511-522, 1965.

BLAXTER, K.L. The nutritive value of feeds as sources of energy: a review. **J. Dairy Sci.** v.39, p.1396-1424, 1956.

BROUWER, E. Report of sub-committee on constants and factors. In: **Proceedings of 3rd Symposium on Energy Metabolism**. EEAP Publication 11. Academic Press, London, 1965.

CHANDRAMONI; JADHAO, S.B.; TIWARI, C.M. et al. Energy metabolism with particular reference to methane production in Muzaffarnagari sheep fed rations varying in roughage to concentrate ratio. **Anim. Feed Sci. Tech.**, v.83, p.287-300, 2000a.

CHANDRAMONI; TIWARI, C.M.; JADHAO, S.B. et al. Fast heat production of Muzaffarnagari sheep. **Small Rum. Res.**, v.36, p.43-47, 2000b.

CHURCH, D.C. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Waveland, 1993. 564p.

DEVRIES, T.J.; von KEYSERLINGK, M.A.G.; BEAUCHEMIN, K.A. Frequency of feed delivery affects the behavior of lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** v.88, p.3533-3562, 2005.

FIRKINS, J.L.; BERGER, L.L.; MERCHEN, N.R. et al. Effects of forage particle size, level of feed intakes and supplemental protein degradability on microbial protein synthesis and site of nutrient digestion in steers. **J. Anim. Sci.** v.62, p.1081-1094, 1986.

GIBSON, J.P. The effects of frequency of feeding on milk production of dairy cattle: An analysis of published results. **Anim. Prod.** v.38, p.181-189, 1984.

HENRIQUE W.; SAMPAIO, A.A.M.; LEME, P.R. et al. Digestibilidade e balanço de nitrogênio em ovinos alimentados à base de dietas com elevado teor de concentrado e níveis crescentes de polpa cítrica peletizada. **R. Bras. Zootec.**, v.32, n.6, p.2007-2015, 2003 (Supl. 2).

KONONOFF, P.J.; HEINRICHS, A.J. The effect of corn silage particle size and cottonseed hulls on cows in early lactation. **J. Dairy Sci.** v.86, p.2438-2451, 2003.

LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total

mixed rations. **J. Dairy Sci.** v.79, p.922-928, 1996.

NUTRIENT requirements of sheep. 6 ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 1985. 99p.

NUTRIENT requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, D.C.: National Academic Press, 2007. 362p.

RODRIGUEZ, N.M.; CAMPOS, W.E; LACHICA, M.L. et al. A calorimetry system for metabolism trials. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.59, n.2, p.495-500, 2007.

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

SISTEMA de análises estatísticas e genéticas. SAEG 8.0. Viçosa:UFV, 1998.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos:** métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **J. Anim. Sci.**, v.70, p. 3562-3577, 1992.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994, 476p.

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. **J. Dairy Sci.**, v.74, p.3583-3597, 1991.