

**SUBSTITUIÇÃO DO FENO DE "COASTCROSS" (*Cynodon spp*)
POR CASCA DE SOJA NA ALIMENTAÇÃO DE BORREGAS (OS)
CONFINADAS (OS)**

JANICE BARRETO DE MORAIS

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Agosto - 2003

**SUBSTITUIÇÃO DO FENO DE “COASTCROSS” (*Cynodon spp*)
POR CASCA DE SOJA NA ALIMENTAÇÃO DE BORREGAS (OS)
CONFINADAS (OS)**

JANICE BARRETO DE MORAIS

Engenheiro Agrônomo

Orientadora : Profa. Dra. **IVANETE SUSIN**

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

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Agosto – 2003

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Morais, Janice Barreto
Substituição do feno de coastcross (*Cynodon* spp) por casca de soja na
alimentação de borregas(os) confinadas(os) / Janice Barreto Moraes. - -
Piracicaba, 2003.
63 p.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,
2003.
Bibliografia.

1. Alimentação animal 2. Casca de soja 3. Comportamento ingestivo animal
4. Confinamento animal 5. Digestibilidade 6. Feno de capim coast-cross 7. Ovino
I. Título

CDD 636.3084

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

A DEUS

Aos meus amados pais, Luis e Eliana

Aos meus queridos avós, Orlando e Maria

DEDICO

“Tudo posso naquele que me fortalece”

Filipenses 4:13

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS e à N. Senhora, por iluminarem sempre o meu caminho e por me darem força nos momentos mais difíceis.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Departamento de Zootecnia, pela grande contribuição para a minha formação profissional.

Ao Setor de Caprinocultura e Ovinocultura, pela ajuda financeira para a realização deste projeto.

À Prof^a Dr^a Ivanete Susin, por todos os ensinamentos, dedicação, atenção e pelo seu exemplo de mãe e profissional durante todo este tempo de convivência.

Aos Professores Doutores Alexandre Vaz Pires e Luiz Gustavo Nussio, pelo aprendizado e pelas valiosas sugestões para a execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Sila Carneiro da Silva, coordenador do programa de pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens, pela sua dedicação ao curso.

Ao pós-doutorando Fábio Prudêncio de Campos, pela amizade, pela valiosa ajuda no laboratório e por todas as sugestões dadas para a elaboração da dissertação.

Ao meu querido namorado Reinaldo Cunha de Oliveira Júnior, pelo companheirismo, incentivo e muito apoio durante toda esta jornada.

Aos meus pais, Luis e Eliana, por todo o amor que tiveram por mim e pelo incentivo que nunca faltou em todas as decisões da minha vida.

Aos meus avós, Orlando e Maria e à minha tia Elizabete, por todo carinho e amor.

Aos amigos Flávia Andrade, Juliano Fernandes, Clayton Mendes, Vicente Turino, Laerte Cassoli, Maity Zopollatto, Tatiana Chaves, Eros Francisco, Michel Cambri, Melissa Lucheti pela agradável convivência e pelos momentos de muita alegria que me proporcionaram.

À todas as moradoras e ex-moradoras da República Maga Donaire, que fazem parte da minha história.

À amiga Carla Nussio, por todos os ensinamentos, apoio e bons momentos ao longo desses anos.

Aos estagiários Clayton Mendes, Theodoro Martins, Carolina Migliavacca e Daniele Lordelo, pela grande ajuda durante todo o período experimental.

À secretária do Departamento de Zootecnia Creide Ely Martins, pela amizade, pelos conselhos e pelo carinho.

À secretária de pós-graduação Giovana Maria de Oliveira, pela dedicação aos alunos, pela amizade e pela atenção.

Ao técnico do laboratório de bromatologia Carlos César Alves, pelos seus ensinamentos e colaboração com as determinações laboratoriais, pela paciência com todos os alunos e pela amizade.

Aos funcionários do setor de Ovinocultura e Caprinocultura: Roberto, Alexandre, Adilson e Rodrigo, por me ajudarem nos momentos mais difíceis do meu experimento e pela convivência durante todo este tempo.

Aos funcionários Juscelino e Emerson, pela ajuda com a fabricação dos cochos para o confinamento.

Aos funcionários da biblioteca, pela competência e atenção.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia e colegas do curso que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS	ix
RESUMO	x
SUMMARY.....	xii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 A raça Santa Inês.....	3
2.2 Produção de fêmeas para reposição.....	4
2.3 Importância da fibra na dieta de ruminantes.....	7
2.3.1 Fibra em detergente neutro	7
2.3.2 Fibra efetiva e fibra fisicamente efetiva.....	8
2.3.3 Fibra proveniente de fontes não-forragem.....	12
2.3.4 Efetividade da fibra através da atividade de mastigação.....	13
2.4 Uso da casca de soja na alimentação de ruminantes.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Experimento I: Desempenho dos animais	18
3.1.1 Animais e instalações experimentais	18
3.1.2 Período experimental e pesagem dos animais	19
3.1.3 Tratamentos e fornecimento das dietas	19
3.1.4 Estimativa da fibra em detergente neutro fisicamente efetiva.....	21
3.1.5 Análise estatística	23
3.2 Experimento II: Comportamento ingestivo dos animais.....	24
3.2.1 Avaliação do comportamento ingestivo.....	24

3.2.2 Avaliação da metodologia de comportamento ingestivo.....	24
3.2.3 Análise estatística.....	25
3.2.3.1 Avaliação do comportamento ingestivo.....	25
3.2.3.2 Avaliação da metodologia de comportamento ingestivo.....	25
3.3 Experimento III: Consumo e digestibilidade dos nutrientes no trato digestivo total.....	26
3.3.1 Animais e instalações experimentais	26
3.3.2 Tratamentos e fornecimento das dietas.....	27
3.3.3 Período experimental e pesagem dos animais.....	27
3.3.4 Colheita de dados referentes ao consumo de matéria seca.....	28
3.3.5 Colheita de amostras para determinação da digestibilidade aparente no trato digestivo total.....	28
3.3.6 Análise estatística.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Experimento I: Desempenho dos animais	30
4.2 Experimento II: Comportamento ingestivo dos animais.....	35
4.2.1 Avaliação do comportamento ingestivo.....	35
4.2.2 Avaliação da metodologia de comportamento ingestivo.....	41
4.3 Experimento III: Consumo e digestibilidade dos nutrientes no trato digestivo total.....	42
4.3.1 Matéria seca e matéria orgânica.....	42
4.3.2 Fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido.....	45
5 CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

LISTA DE ABREVIATURAS

CA	conversão alimentar
CMS	consumo de matéria seca
CS	casca de soja
DATT	digestibilidade aparente no trato digestivo total
ED	energia digestível
EM	energia metabolizável
FDA	fibra em detergente ácido
FDN	fibra em detergente neutro
FDNcs	fibra em detergente neutro oriunda da casca de soja
FDNe	fibra em detergente neutro efetiva
FDNf	fibra em detergente neutro oriunda da forragem
FDNfe	fibra em detergente neutro fisicamente efetiva
fef	fator de efetividade física
GPV	ganho de peso vivo
MO	matéria orgânica
MS	matéria seca
NDT	nutrientes digestíveis totais
OPG	ovos por grama de fezes
PB	proteína bruta
PV	peso vivo
PV ^{0,75}	peso metabólico

**SUBSTITUIÇÃO DO FENO DE “COASTCROSS” (*Cynodon spp*)
POR CASCA DE SOJA NA ALIMENTAÇÃO DE BORREGAS (OS)
CONFINADAS (OS)**

Autora: JANICE BARRETO DE MORAIS

Orientadora: Prof^a. Dr^a. IVANETE SUSIN

RESUMO

A alimentação de fêmeas ovinas em crescimento deve ser de alta qualidade para obtenção do peso de cobrição aos sete meses de idade. Foram realizados três experimentos com o objetivo de avaliar a substituição do feno de “coastcross” por casca de soja sobre o desempenho de borregas confinadas (Experimento I), comportamento ingestivo (Experimento II) e digestibilidade dos nutrientes no trato digestivo total de borregos (Experimento III). Nos Experimentos I e II, foram utilizadas 48 borregas da raça Santa Inês, com peso e idade inicial de $23,1 \pm 3,3$ kg e 124 ± 9 dias, respectivamente, em um delineamento em blocos casualizados com quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos constaram de dietas isoprotéicas e iso-FDN: 0CS; 12,5CS; 25CS e 37,5CS (0; 12,5; 25 e 37,5% de inclusão de casca de soja na MS da dieta, respectivamente). Houve efeito linear crescente ($P < 0,01$) para consumo de matéria seca e para ganho de peso diário e efeito linear

decrecente ($P < 0,01$) para conversão alimentar com a inclusão da casca de soja. O comportamento ingestivo apresentou um efeito linear decrescente ($P < 0,02$) nos tempos despendidos para ingestão, para ruminação e para atividade de mastigação em minutos/dia, minutos/g de MS e minutos/g de FDN, à medida que aumentou a inclusão de casca de soja na dieta. No Experimento III, foram utilizados quatro borregos da raça Santa Inês, com peso e idade inicial de 43 kg e nove meses, respectivamente, em um delineamento em quadrado latino 4x4. As dietas foram as mesmas utilizadas no Experimento I. Houve efeito linear crescente ($P < 0,04$) entre os tratamentos para o consumo da matéria seca (MS), da matéria orgânica (MO), da fibra em detergente neutro (FDN), da fibra em detergente ácido (FDA) e da hemicelulose, e para a digestibilidade da MS, da MO, da FDN e da hemicelulose. Observou-se um efeito quadrático ($P = 0,02$) entre os tratamentos para a digestibilidade da FDA. A casca de soja adicionada em dietas para borregas até 37,5% (da MS) aumenta a digestibilidade da MS e da MO e melhora o desempenho animal. Os resultados de comportamento ingestivo mostraram que a casca de soja possui menor quantidade de FDN fisicamente efetiva quando comparada a FDN do feno de “coastcross”.

REPLACEMENT OF COASTCROSS HAY BY SOYBEAN HULLS IN DIETS FOR FEEDLOT LAMBS

Author: JANICE BARRETO DE MORAIS

Adviser: Prof^a. Dr^a. IVANETE SUSIN

SUMMARY

Ewe lambs need a high quality diet to attain breeding weight at 7 months of age. Three trials were conducted to evaluate the replacement of coastcross hay by soybean hulls on feedlot lambs: Trial I (performance), Trial II (ingestive behavior) and Trial III (diet digestibility). In Trials I and II, forty-eight Santa Inês ewe lambs (initial body weight 23.1 ± 3.3 kg and 124 ± 9 days old) were penned 2 by 2 in 24 pens and assigned to a randomized block design. Soybean hulls replaced hay at 12.5%, 25% or 37.5% on DM basis. All diets were isonitrogenous and isoNDF. The control diet contained 50% coarsely chopped coastcross hay and no soybean hulls. There was an increased linear response ($P < 0.01$) on dry matter intake (DMI) and average daily gain and a decreased linear response ($P < 0.01$) on feed conversion when soybean hulls were added to the diet. The ingestive behavior (eating, ruminating and total chewing) presented a decreased linear trend ($P < 0.02$) for minutes/day, minutes/g of NDF intake and minutes/g of DMI as soybean hulls were added to

the diet. On digestibility trial (Trial III), four Santa Inês ram lambs (43 kg BW and 9 mo) were used in a 4x4 latin square design. Experimental treatments were the same as those used on Trial I. There was an increased linear trend ($P < 0.04$) on DM, organic matter (OM), NDF, ADF and hemicellulose intake as well as for DM, OM, NDF and hemicellulose digestibilities. There was a quadratic response ($P = 0.02$) on ADF digestibility. When soybean hulls are added to the diet up to 37.5% (DM basis) there is an improvement on OM and DM digestibilities and animal performance. Ingestive behavior results may imply a lower NDF physical effectiveness for the soybean hulls as compared to coastcross hay.

1 INTRODUÇÃO

O crescente aumento do consumo de carne ovina gerou a necessidade de intensificar a produção de cordeiros, a fim de manter constante o suprimento de carne no mercado. Para atender a esta demanda, é necessário que o manejo nutricional seja adequado em todas as fases do ciclo de produção de ovinos. A restrição da nutrição, principalmente durante a fase de crescimento das fêmeas, resulta no atraso da puberdade e, conseqüentemente, da idade à primeira parição. Sendo assim, é importante atender as exigências do animal em cada etapa do seu desenvolvimento, a fim de se evitar a subnutrição ou ganhos de peso excessivos, que ocasionam maior deposição de gordura na glândula mamária, menor produção de tecido secretor e redução na futura produção de leite (Umberger et al., 1985).

Dentre os problemas relacionados com produção de ovinos nos países tropicais estão a baixa qualidade de forragens e a sua sazonalidade de produção, sendo esta última, relacionada a períodos prolongados de seca e de umidade, levando a uma produção desigual de forragens ao longo do ano. Além disso, o alto custo para produzir ou adquirir forragens conservadas (silagem e feno), levam à procura de ingredientes mais baratos, de igual ou maior valor nutricional.

Neste contexto, os resíduos ou subprodutos de indústrias alimentícias vêm sendo alvo de muitos estudos na alimentação de ruminantes sob o ponto

de vista econômico e nutricional. A casca de soja, subproduto das indústrias de processamento da soja, surgiu como uma dessas fontes alternativas de alimento para ruminantes e, devido ao seu alto teor de fibra digestível e valor energético (NRC, 1984), pode substituir parcial ou totalmente forragens ou ingredientes tradicionais, como o milho.

Os subprodutos caracterizam-se pelo seu reduzido tamanho de partícula e elevada gravidade específica, quando comparados às forragens. Estas duas características possibilitam o aumento na taxa de passagem do alimento, interferindo negativamente na digestibilidade da fibra e na atividade de mastigação. Neste caso, a adição de uma quantidade mínima de fibra oriunda de forragem torna-se necessária para aumentar o tempo de retenção e permitir a digestão mais completa da fibra potencialmente digestível dos subprodutos no rúmen.

O presente estudo teve por objetivos avaliar a substituição do feno de “coastcross” (*Cynodon* spp) por casca de soja na alimentação de borregas (os) confinadas (os) sobre: o ganho de peso diário, a conversão alimentar, o consumo de matéria seca, o comportamento ingestivo e a digestibilidade dos nutrientes no trato digestivo total.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A raça Santa Inês

Os ovinos da raça Santa Inês são deslanados e tiveram sua origem, provavelmente, do cruzamento da raça Bergamácia com as raças Morada Nova, Crioula e/ou Somalis. Eles são encontrados, principalmente, na região Nordeste do Brasil e caracterizam-se como uma raça de porte médio, de acordo com os índices de produção apresentados pelo NRC (1985). As ovelhas adultas pesam entre 60 e 70 kg e os machos adultos entre 80 e 100 kg. Entretanto, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1983) publicou pesos mais modestos para fêmeas desta raça, variando de 40 a 45 kg. As cores branca, preta, vermelha ou chitada são aceitas como padrão da raça (Silva Sobrinho, 1997).

A raça Santa Inês tem características peculiares no que diz respeito à sua reprodução e resistência a verminoses. As suas matrizes são poliétricas anuais, ou seja, podem manifestaraios férteis em qualquer época do ano. Isso possibilita até três parições em dois anos, fazendo com que a oferta de carne ovina seja constante e homogênea ao longo do ano. Quanto ao aspecto sanitário, a raça Santa Inês é mais resistente a endoparasitas quando comparada às raças lanadas (Amarante, 2001) e outras deslanadas (Costa et al., 1986).

Apesar de não ser considerada uma raça com alto potencial para produção de carne, o confinamento de cordeiros desta raça proporciona ganhos

de peso elevados, como pôde ser verificado por Moraes et al. (1999), Mendes et al. (2000) e Susin et al. (2000), que obtiveram ganhos de peso diários de 297; 278 e 268 g, respectivamente. Além disso, as características reprodutivas desta raça variam conforme as condições de manejo. De acordo com Sousa (1998), a idade à puberdade pode variar de 196 a 322 dias; a idade à primeira parição, de 351 a 450 dias; a fertilidade ao parto, de 80 a 95%; a prolificidade, de 1,2 a 1,4 e a sobrevivência até a desmama, de 75 a 90%.

2.2 Produção de fêmeas para reposição

Em um sistema de produção de ruminantes, o manejo nutricional adequado de fêmeas para reposição é um fator muito importante a ser considerado, pois este influencia diretamente a idade à puberdade e à primeira cobrição. Além disso, o desempenho de suas crias dependerá, principalmente, da sua produção de leite e, para que esta seja satisfatória, é fundamental atender as exigências nutricionais nas fases de crescimento e reprodução das fêmeas.

Segundo Susin (1996), o potencial reprodutivo da ovelha é influenciado pelo padrão de alimentação do nascimento ao primeiro parto. O conhecimento das exigências do animal em cada etapa do seu desenvolvimento evita a subnutrição ou ganhos de peso excessivos, que ocasionam maior deposição de gordura na glândula mamária, redução na síntese de tecido secretor e na futura produção de leite, conseqüentemente (Umberger et al., 1985). Cordeiras desmamadas com 20 kg e com crescimento acelerado (200 g/dia) da desmama à primeira cobrição aumentaram a porcentagem de cordeiros por borrega, mas reduziram a produção de leite quando comparado àquelas que tiveram um ganho de peso inferior (100 g/dia) na mesma fase (Umberger et al., 1985).

Allen & Lamming (1961) constataram que o desenvolvimento da atividade sexual é primariamente função da idade do animal, mas pode ser alterado pelo plano nutricional durante a fase de crescimento. Os mesmos

autores verificaram que borregas alimentadas em pastagens de boa qualidade e com suplementação, alcançaram a puberdade mais cedo e com maior peso do que as submetidas em pastagens de qualidade inferior sem suplementação (48 vs. 39 kg, respectivamente), indicando que a nutrição exerce influência na taxa de crescimento e de desenvolvimento fisiológico de borregas e, conseqüentemente, na idade à puberdade.

Rhind (1992) considerou que a restrição nutricional durante a fase de crescimento de borregas pode resultar no atraso do início da puberdade e, conseqüentemente, da primeira cobrição. Hafez (1952) verificou que a taxa de ovulação é o determinante mais importante do desempenho reprodutivo de fêmeas e é severamente suprimida em condições restritas de nutrição.

Outros fatores, como a estação do ano, a raça, a idade à desmama e as condições gerais de manejo (fornecimento constante de sal mineral e água, nutrição, conforto ambiental e sanidade) também determinam o potencial produtivo e reprodutivo do animal (Chappell, 1993). A característica genética também influencia na taxa reprodutiva em ovinos; porém, quando a nutrição é o primeiro fator limitante da reprodução, apenas o melhoramento genético não é suficiente para promover aumento na produtividade animal (Doney et al., 1982).

O peso à primeira concepção tem sido utilizado como recomendação prática para introduzir as borregas na reprodução. Segundo Chappell (1993), as borregas devem atingir dois terços do seu peso adulto para entrarem na vida reprodutiva. Considerando um peso de nascimento de 5 kg para cordeiras, idade à primeira cobrição de 223 dias e idade à primeira parição ao redor de 12 a 13 meses, Chappell (1993) propôs um ganho de peso médio diário de 201 g para fêmeas de raças lanadas. O ganho de peso e as exigências nutricionais para cada etapa do crescimento de borregas, do nascimento à primeira cobrição, encontram-se na Tabela 1.

De acordo com Eloy et al. (1990), fêmeas deslanadas criadas em pastagens alcançaram a puberdade em torno de 12 meses de idade com peso vivo de 18 a 28 kg. Em sistemas onde o manejo nutricional é mais intensivo, a

puberdade pode ser alcançada aos 3,5 meses com o mesmo peso obtido em pastagens (Foote, citado por Eloy et al., 1990).

Tabela 1. Taxa de crescimento sugerida, peso desejado e exigências nutricionais para borregas do nascimento à primeira parição, em torno de um ano de idade.

Período	GPD ¹ (g/dia)	PF ² (kg)	NDT ³ (%)	PB ⁴ (%)	Conc ⁵ (%)	Vol. ⁶ (%)
Nascimento à desmama (1 a 80 dias)	250	25	80	16,9	90	10
Crescimento inicial (81 a 156 dias)	200	40	65	12,8	35	65
Cresc. final à reprodução (157 a 223 d)	160	50	65	10,2	35	65
Média dos períodos	200	-	-	-	-	-
Início da gestação (224 a 342 dias)	140	67	59	10,6	15	85
Final da gestação (343 a 370 dias)	230	73	66	12,8	40	60

¹GPD= Ganho de peso diário; ²PF= Peso final; ³NDT= Nutrientes Digestíveis Totais; ⁴PB= Proteína bruta; ⁵Conc. = Concentrado; ⁶Vol. = Volumoso.

Fonte: Adaptado de Chappell (1993)

No relatório técnico publicado pela EMBRAPA (1983), está citado que borregas deslanadas alcançam 60% do seu peso adulto na primeira concepção, sendo possível obter fertilidade e prolificidade satisfatórias aos 15-17 meses de idade. No entanto, Silva et al. (1984) observaram que o peso médio à puberdade das raças Morada Nova, Somalis e Santa Inês representou cerca de 72% do peso adulto. Esses autores também verificaram uma correlação negativa entre idade e peso à puberdade, podendo inferir que o nível de nutrição influencia a puberdade, ou seja, borregas mais pesadas chegam à idade reprodutiva mais cedo.

Simplício et al. (1989) avaliaram o peso e a idade à puberdade de borregas da raça Morada Nova, Somalis Brasileira e Santa Inês em pastagem nativa e não encontraram diferenças na idade à puberdade entre as raças, mas a raça Santa Inês apresentou maior peso (24 kg) do que a Morada Nova

(21 kg) e a Somalis Brasileira (20 kg). Os autores verificaram que as borregas alcançaram a puberdade em torno de 10 meses. Entretanto, é possível atingir a idade reprodutiva ao redor de sete meses, considerando a aplicação de um bom plano nutricional, com adequados manejo reprodutivo e sanitário.

2.3 Importância da fibra na dieta de ruminantes

2.3.1 Fibra em detergente neutro

A fibra é um componente muito importante na dieta de ruminantes, pois está associada ao estímulo da mastigação, motilidade ruminal, manutenção da estabilidade do ambiente ruminal, saúde do animal, consumo de matéria seca, fornecimento de energia, entre outros. Ela é definida nutricionalmente como a fração do alimento lentamente digestível e uma fração indigestível, que ocupa espaço no trato gastrintestinal dos animais (Mertens, 1992).

Inicialmente, a quantidade de fibra nas dietas para ruminantes foi analisada pelo método de fibra bruta (FB) aprovado pela AOAC (1962). Posteriormente, Van Soest & Wine (1967) desenvolveram o sistema de fibra em detergente neutro (FDN), com o uso de sulfito de sódio (para eliminar o nitrogênio ligado a FDN), e fibra em detergente ácido. Robertson & Van Soest (1981) incluíram o uso de α -amilase (para remover o amido) e retiraram o sulfito de sódio na determinação da FDN. Atualmente, o método utilizado por Van Soest et al. (1991) inclui a α -amilase e o sulfito de sódio para a análise da FDN de todos os alimentos.

A FDN compreende a hemicelulose, a celulose e a lignina. Essa fornece a composição química da porção fibra do alimento, mas despreza as características físicas da fibra, como o tamanho e a densidade de partículas, que estão diretamente relacionados com a saúde do animal, a fermentação ruminal, a produção de gordura do leite, a atividade de mastigação e a taxa de digestão (Mertens, 1997). Desse modo, surgiu a necessidade de considerar as

propriedades físicas da FDN e não somente a sua composição química na formulação de dietas para ruminantes.

2.3.2 Fibra efetiva e fibra fisicamente efetiva

A quantidade de fibra na dieta afeta a fermentação ruminal e o desempenho animal. Quando uma grande quantidade de fibra oriunda de forragens é incluída na dieta e a densidade energética da mesma é baixa, ocorrerá redução no consumo e na produtividade do animal. Por outro lado, quando há pouca forragem na dieta, o animal pode apresentar problemas metabólicos, como uma severa acidose ruminal, que pode resultar em morte. Além da quantidade, as propriedades físicas da fibra também são essenciais para manter o ambiente ruminal estável, a atividade de mastigação, a secreção de saliva, a produção de gordura do leite e, conseqüentemente, o desempenho animal (Mertens, 1997).

Mertens (1997) desenvolveu um sistema de avaliação das propriedades físicas da fibra com o objetivo de definir a exigência de fibra para vacas leiteiras, considerando a fibra efetiva presente na FDN e não apenas a composição química da FDN ou a relação volumoso:concentrado, que não considera a qualidade da forragem (teor de fibra) e não reconhece a fibra de fontes não-forragem. A relação entre carboidratos não fibrosos altamente fermentescíveis no rúmen e teor de FDN proveniente de forragens também deve ser considerada, pois dietas com alto teor de amido e baixa quantidade de FDN de forragem podem provocar redução no pH ruminal, prejudicando a digestão da fibra e/ou ocasionando distúrbios nutricionais no animal.

A FDN efetiva (FDNe) relaciona-se à habilidade da fibra em manter a saúde do animal e a produção de gordura do leite “efetivamente”. A FDN fisicamente efetiva (FDNfe) é associada às características físicas da fibra (principalmente o tamanho de partícula), que influenciam a atividade de mastigação e o conteúdo ruminal bifásico (partículas maiores flutuam sobre um

“pool” de líquidos com partículas pequenas). A FDNfe é o produto da porcentagem de FDN do alimento pelo fator de efetividade física (fef), que varia de zero (quando a FDN não é efetiva em estimular a mastigação) a um, quando a FDN é totalmente efetiva na mastigação (Mertens, 1996).

Allen (1997) descreveu fibra fisicamente efetiva como sendo a fração do alimento que estimula a atividade de mastigação. A mastigação, por sua vez, estimula a secreção de saliva e os tamponantes presentes na saliva (bicarbonatos e fosfatos) neutralizam os ácidos produzidos pela fermentação da matéria orgânica no rúmen. O balanço entre os ácidos produzidos na fermentação e a secreção de saliva é o maior determinante do pH ruminal, o qual, em baixos valores, reduz o consumo de matéria seca, a motilidade ruminal, a digestibilidade da fibra e a produção de proteína microbiana.

A FDNe e a FDNfe demonstram alta correlação, especialmente para alimentos que diferem somente no tamanho de partícula; porém, a FDNe pode ser maior que a FDNfe em alimentos que mantêm a produção de gordura do leite, mas não estimulam a mastigação, principalmente em dietas que contém gordura ou tamponantes intrínsecos. Desta forma, a FDNe relaciona-se à capacidade neutralizante, composição e concentração de gordura no leite, produção de ácidos durante a fermentação e mudanças metabólicas que influenciam a secreção de gordura no leite (Mertens, 1997).

Armentano & Pereira (1997) defenderam a idéia de que as respostas do animal, como a atividade de mastigação e a produção de gordura no leite, poderiam definir uma medida mais completa da fração efetiva da fibra, integrando características físicas e não físicas dos carboidratos da dieta. Esses autores utilizaram a concentração de gordura do leite para definir o fator de efetividade ($FDNe = fe \times \% \text{ FDN da dieta}$), mas, o pH ruminal ou a produção de ácidos graxos voláteis também poderiam servir como respostas biológicas que integram os múltiplos componentes da fibra efetiva na ração. Porém, estas avaliações necessitam de animais, despendem muito tempo a custos elevados.

Segundo Mertens (1997), os sistemas utilizados para formulação de rações podem ser baseados em um esquema de avaliação laboratorial da efetividade dos alimentos, onde não seria necessário a utilização de animais. Sendo assim, o método laboratorial proposto por Mertens (1997) baseia-se nos seguintes conceitos:

- O feno de gramínea longo (tamanho médio de partícula maior que 8 cm) é colocado no modelo como padrão, supondo um valor de 100% de FDN e um fator de efetividade física de 1,0;
- O FDNfe é o produto do fator de efetividade física pela % de FDN encontrada no alimento;
- O fator de efetividade física (fef) é calculado através da proporção de partículas retidas em peneiras de 1,18 mm (abaixo desse valor, as partículas escapam do rúmen e não estimulam a mastigação; Poppi, 1985);
- A FDN é distribuída igualmente em todos os tamanhos de partículas;
- A atividade de mastigação é igual para todas as partículas retidas na peneira de 1,18 mm;
- A fragilidade (facilidade de redução do tamanho de partículas) não é diferente entre as fontes de FDN.

Com base nesses dados, Mertens (1997) calculou a FDNfe de alguns alimentos, os quais estão apresentados na Tabela 2. Avaliações *in vitro* para medir fermentação, produção de gás ou alterações no pH durante a fermentação poderiam servir como indicativo para converter a FDNfe em FDNe, sem necessitar, mais uma vez, do uso de animais.

O NRC gado de corte (1996) e o NRC gado de leite (2001) reconhecem a importância da efetividade da fibra e adotam algumas estratégias para estabelecer um teor adequado de FDN nas dietas: para gado de corte, é recomendado um teor de 20% de FDNe, sendo que, para cada 1% de decréscimo nesse teor, ocorre redução de 2,5% na produção de proteína

microbiana (Russel et al., 1992). Em gado de leite, a recomendação é um teor mínimo de 25% de FDN total, sendo 19% oriunda de forragem, em dietas a base de alfafa ou silagem de milho como volumoso e milho moído como fonte de amido. Porém, para cada unidade percentual de redução na FDN de forragem, a FDN total deve aumentar duas unidades percentuais, a fim de compensar a adição de fibra de fontes não-forragem com menor efetividade.

Armentano & Pereira (1997) demonstraram que a utilização da FDN para medir a efetividade da fibra é problemática em duas classes de alimentos: forragens processadas em diferentes formas físicas e subprodutos com alto teor de FDN. Allen (1996) sugeriu aumentar a FDN (% da MS) da dieta quando incluir subprodutos na mesma.

Tabela 2. Estimativa de fibra fisicamente efetiva (FDNfe) dos alimentos utilizando determinações químicas e físicas em laboratório.

Alimento	FDN (%MS)	% retida em peneira 1,18 mm	FDNfe (% MS)
Padrão	100	1,00	100,0
Feno de gramínea	65	0,98	63,7
Feno de leguminosa	50	0,92	46,0
Silagem de milho	51	0,81	41,5
Grãos de cevada	46	0,18	8,3
Milho moído	9	0,48	4,3
Farelo de soja	14	0,23	3,2
Casca de soja	67	0,03	2,0
Farelo de arroz	56	0,01	0,3

Fonte: Adaptado de Mertens (1997)

Em animais de crescimento destinados ao abate, a exigência de fibra é menos importante do que para vacas leiteiras, porque o período em que são

alimentados é muito curto e os possíveis problemas relacionados com dietas de alto teor de concentrado são reduzidos (Loerch, 1996).

2.3.3 Fibra proveniente de fontes não-forragem (FFNF)

Além da forragem, outras fontes de alimentos, como os subprodutos de indústrias alimentícias, contribuem para o valor da fibra na dieta. Entre eles, destacam-se: casca de soja, caroço de algodão, polpa cítrica, farelo de glúten de milho, casca de aveia, resíduo de cervejaria, polpa de beterraba, entre outros. A maioria dos subprodutos possui uma quantidade relativamente alta de fibra potencialmente digestível e baixo conteúdo de lignina, podendo contribuir para o valor da fibra na formulação de dietas para ruminantes (Armentano & Pereira, 1997).

Em determinadas condições de preço, os subprodutos podem minimizar os custos de alimentação, já que as forragens conservadas, geralmente, são uma fonte volumosa mais cara do que FFNF. Contudo, o tamanho reduzido de partículas e a alta gravidade específica destas fontes podem facilitar o escape ruminal e reduzir a digestibilidade da fibra dessas fontes e a atividade de mastigação. Portanto, em dietas contendo alto teor de FFNF, a quantidade e, principalmente, o tamanho de partícula da forragem devem ser adequados para aumentar o tempo de retenção das partículas dos subprodutos no rúmen e estimular a ruminação e a secreção de saliva (Firkins, 1997; Grant, 1997).

Em um estudo realizado por Nakamura & Owen (1989), foi observado que a taxa de passagem da casca de soja aumentou 8% quando a sua quantidade na dieta foi dobrada, reduzindo em 4,3% a digestibilidade da FDN. Isto sugere que a presença de uma quantidade adequada de forragens na dieta, bem como o grau do seu processamento, são importantes para reter as partículas de FFNF no rúmen e assim, permitir uma melhor digestibilidade da FDN destas fontes.

2.3.4 Efetividade da fibra através da atividade de mastigação

A atividade de mastigação é o somatório do tempo de ingestão e ruminação e pode ser expressa em minutos/dia, minutos/kg de FDN ou minutos/kg de MS. Ela tem sido utilizada para avaliar a efetividade da fibra, porque afeta diretamente a secreção de saliva, a trituração de partículas, a fermentação ruminal (pH e produção de ácidos graxos) e o consumo de matéria seca (Colenbrander et al., 1991). Armentano & Pereira (1997), utilizando dados publicados, calcularam a correlação entre FDN de forragem (% da MS) e atividade de mastigação. Esses autores encontraram coeficientes de 0,63 e 0,81 para minutos/dia e minutos/kg de MS, respectivamente.

Diversos autores citados por Mertens (1997) demonstraram que a atividade de mastigação é uma característica que reflete as propriedades físicas e químicas dos alimentos, como a concentração de FDN, o tamanho de partícula, a fragilidade intrínseca e a umidade. Contudo, o autor considerou que a mensuração da FDN fisicamente efetiva através da concentração de FDN do alimento e das partículas retidas na peneira de 1,18 mm é mais consistente do que a atividade de mastigação em minutos/kg de MS, porque reduz as variações de consumo de MS e do tamanho do animal.

Como forma de avaliar a atividade de mastigação, Allen (1997) propôs um limite de 0,3 cm no tamanho de partículas para respostas no tempo de mastigação, pois o incremento nesse tempo é mais acentuado quando o tamanho médio de partículas aumenta de 0,2 para 0,3 cm do que quando há um aumento de 0,3 para 0,4 cm.

Geralmente, o tempo de mastigação decresce com a redução do tamanho de partícula e da concentração de FDN da forragem. Em algumas situações, porém, a ruminação por unidade de FDN da forragem consumida pode aumentar quando a concentração de FDN total diminui ou quando fontes de fibra não-forragem são incorporadas em dietas com baixa quantidade de forragem, sugerindo que os animais possuem um mecanismo de adaptação que

aumenta a eficiência de ruminação quando o consumo de fibra efetiva é limitado (Grant, 1997).

2.4 Uso da casca de soja na alimentação de ruminantes

Em função do alto custo de alimentação em sistemas de produção de ruminantes, os subprodutos de indústrias de transformação de alimentos, como a polpa cítrica, polpa de beterraba, farelo proteinoso de milho, casca de aveia e a casca de soja, vêm se tornando uma alternativa economicamente viável, uma vez que podem substituir parcial ou totalmente um alimento volumoso ou concentrado sem prejudicar o desempenho animal.

Desta forma, a casca do grão de soja tem sido alvo de vários estudos (Cunningham et al., 1993; Grigsby et al., 1993; Falkner et al., 1994; Weidner & Grant, 1994a; Weidner & Grant, 1994b; Ludden et al., 1995; Tambara et al., 1995; Garcés-Yépes et al., 1997; Hejazi et al., 1999; Trater et al., 2001), com a finalidade de verificar o seu benefício no desempenho animal (consumo de matéria seca, ganho de peso e conversão alimentar), digestibilidade dos nutrientes, parâmetros ruminais, produção de leite, atividade de mastigação, bem como a sua relação com a degradabilidade ruminal da fibra oriunda de forragens.

Fisicamente, a casca do grão de soja é o envoltório do grão separado do embrião no processamento industrial. Durante o processo de obtenção da casca, é necessário que esta seja tostada, a fim de destruir a atividade da urease (Tambara et al., 1995). Com relação à sua composição química, a casca de soja possui alto teor de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, mas baixa quantidade de lignina (em torno de 2%), o que pode resultar em uma digestibilidade *in vitro* de mais de 90% (Quicke et al., 1959).

Apesar da sua qualidade variar bastante devido aos métodos de processamento, variedade e grau de maturidade da soja (Hsu et al., 1987), Anderson et al. (1988) avaliaram a casca de soja inteira e pura (livre da

contaminação do farelo de soja durante a sua obtenção) e encontraram valores de 9,4% de proteína bruta (PB) e 74% de FDN na MS, sendo 47% composta de celulose e 23% de hemicelulose. Desta forma, ela é considerada uma fonte de energia (2,82 Mcal ED/kg de MS; NRC, 1984).

Alguns autores definem a casca de soja como um volumoso - concentrado, pois tem a função fisiológica de fibra vegetal e funciona como um grão de cereal em termos de disponibilidade de energia. Além de possuir uma boa aceitabilidade, a sua inclusão em dietas a base de forragens (como suplemento) proporciona efeitos associativos positivos, pois promove a manutenção do pH ruminal e assim, não prejudica a digestibilidade da fibra (McGregor et al., 1976; Sudweeks, 1977; Anderson et al., 1988; Martin & Hibberd, 1990; Grigsby et al., 1993). Isso não acontece quando o milho (processado ou não) é fornecido em altas quantidades na dieta, pois, em função do seu alto teor de amido (em torno de 73%), o pH ruminal pode reduzir, prejudicando as bactérias fibrolíticas e possibilitando o aparecimento de problemas metabólicos, como a acidose e a laminite, comum em vacas leiteiras de alta produção.

Trabalhando com casca de soja, milho ou uma mistura de ambos como suplemento em dietas contendo, principalmente, feno de gramínea de clima tropical ou temperado, Galloway et al. (1993) observaram maior digestibilidade aparente da FDN no trato digestivo total de novilhos para a dieta com casca de soja, sugerindo que a casca melhorou a degradação da fibra da forragem e não decresceu a atividade fibrolítica dos microrganismos ruminais, fato não ocorrido quando o milho foi utilizado.

Hsu et al. (1987) avaliaram o potencial de diferentes resíduos de alimentos como fonte de forragem para ruminantes e concluíram que a fibra de milho e a casca de soja tiveram os melhores valores de digestibilidade da MO, MS, FDN e FDA no trato digestivo total de ovinos quando comparadas às outras fontes (caroço de algodão e casca de aveia). Em um ensaio de desempenho, esses mesmos autores verificaram um aumento do ganho de peso de cordeiros

com a substituição de feno de gramínea por casca de soja na dieta (140 e 220 g/dia com inclusão de 50 e 70% de casca de soja, respectivamente).

Em um estudo realizado com novilhos de corte, Ludden et al. (1995) substituíram milho por teores crescentes de casca de soja (0; 20; 40 e 60% da MS da dieta) e observaram um aumento linear no CMS ($P < 0,01$) e um decréscimo no ganho de peso vivo (GPV) com o aumento do teor de casca de soja na dieta a partir de 40% da MS. Esses autores concluíram que, a baixas taxas de inclusão de casca de soja na dieta ($\leq 20\%$ da MS), o desempenho animal não foi comprometido, porque, além de reduzir problemas metabólicos no animal (em função do seu efeito de FDN), a casca aumentou a disponibilidade energética de outros nutrientes da dieta. Nesse mesmo estudo, foi observado que a casca de soja, quando incluída em dietas com alta proporção de ingredientes concentrados com moderada ou altas quantidades de milho, apresentou um valor nutricional de 74 a 80% do valor do milho.

Outros trabalhos realizados com novilhos de corte, comparando a suplementação de milho com a de casca de soja em dietas a base de forragens, demonstraram ganhos de peso similares entre os dois suplementos (Anderson et al., 1988) ou superiores para a casca de soja (Garcés-Yépes et al., 1997). Apesar do maior valor energético do milho, a casca de soja mantém um ambiente ruminal mais adequado para as bactérias fibrolíticas, minimizando os efeitos associativos negativos sobre a digestibilidade da parede celular das forragens da dieta e disponibilizando mais energia para o animal. Portanto, em dietas com alta proporção de volumosos, a decisão de se utilizar milho ou casca de soja deve ser tomada com base na análise dos custos desses ingredientes.

Martin & Hibberd (1990) alimentaram vacas de corte com quantidades crescentes de casca de soja (0; 1; 2 ou 3 kg/dia) como suplementação energética em dietas contendo feno de baixa qualidade. Foi observado um efeito quadrático ($P = 0,04$) no consumo de feno com o aumento da quantidade de casca de soja fornecida, mas o decréscimo na ingestão de feno foi baixo (0,64 kg/dia com o fornecimento de 3 kg de casca por dia), quando comparado

com um trabalho de Chase & Martin (1987), cuja redução na ingestão de feno foi de 3,7 kg/dia ao utilizarem 3 kg de milho como suplemento. Através desses resultados, pôde-se concluir que a casca de soja melhora a utilização da forragem e pode suprir efetivamente o animal em termos de energia.

A utilização de casca de soja na alimentação e no desempenho de ovinos ainda é muito pouco explorada, mas alguns autores demonstraram aumento no ganho de peso de cordeiros quando incluíram esse subproduto em dietas com alta proporção de concentrado (Hejazi et al., 1999; Turino, 2003) ou quando substituíram feno por casca de soja (Hsu et al., 1987).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento I: Desempenho dos animais

3.1.1 Animais e instalações experimentais

O experimento foi realizado nas instalações para ovinos do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP no período de fevereiro a maio de 2002. O município de Piracicaba situa-se a 22°42'30"S de latitude e 47°38'01"W de longitude, com altitude média de 546 m. A precipitação em 2002 foi de 1462 mm e as temperaturas médias máximas e mínimas de 26 e 18°C, respectivamente, segundo informações colhidas na Base de Dados do Posto Agrometeorológico – DCE (ESALQ/USP).

Foram utilizadas 48 borregas da raça Santa Inês com peso médio inicial de 23,13 ± 3,30 kg e idade média inicial de 124 ± 9 dias. Os animais foram confinados em baias cobertas com piso de concreto, cocho e bebedouros, sendo distribuídos dois animais por baia e seis baias por tratamento.

Os animais foram vacinados contra clostridioses (vacina Sintoxan® – Laboratório Merial Saúde Animal Ltda., Campinas, SP) antes da desmama e everminados antes do início do experimento. A ocorrência de verminose e coccidiose foi avaliada através de exames quinzenais de fezes para contagem de ovos por grama de fezes (OPG) e controladas quando necessário.

3.1.2 Período experimental e pesagem dos animais

O período experimental teve duração de 84 dias, sendo dividido em três sub-períodos de 28 dias de duração. As pesagens foram realizadas nos dias 0; 28; 56 e 84 do período experimental após jejum alimentar de 16 horas.

3.1.3 Tratamentos e fornecimento das dietas

As dietas foram isoprotéicas e iso-FDN e constaram de 4 tratamentos: 0CS; 12,5CS; 25CS e 37,5CS, ou seja, 0; 12,5; 25 e 37,5% de inclusão de casca de soja na dieta, respectivamente, de forma que a casca de soja substituiu 0; 25; 50 e 75% da FDN do feno na dieta (multiplicou-se a FDN proveniente do feno na dieta 0CS por 0,25; 0,5 e 0,75 para obter a FDN oriunda da casca de soja nas dietas 12,5CS, 25CS e 37,5CS, respectivamente). Os teores de FDN e PB (% MS) obtidos pela análise bromatológica do feno e da casca de soja foram de 72,8% e 11,4% e 73,3% e 9,4%, respectivamente. Para obter a composição química das dietas, os concentrados e o feno foram analisados separadamente. A proporção dos ingredientes e a composição química das dietas estão apresentadas na Tabela 3.

O feno foi processado duas vezes em uma desintegradora de feno (marca Silver) antes do fornecimento aos animais e o alimento concentrado foi misturado previamente em um misturador horizontal (marca Lucato, capacidade de 500 kg) e armazenado em tambores plásticos de 200 litros. O feno e o concentrado foram pesados separadamente e misturados nos cochos antes do fornecimento.

Tabela 3. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (% MS).

	Tratamentos ¹			
	0CS	12,5CS	25CS	37,5CS
Ingredientes				
Milho	34,6	33,8	32,9	32,1
Farelo de soja	13,2	14,0	14,7	15,4
Mistura mineral ²	2,1	2,0	2,0	2,0
Feno de “coastcross”	50,1	37,6	25,0	12,5
Casca de soja	–	12,6	25,4	38,0
Composição química				
Matéria seca (% matéria original)	87,8	88,2	88,5	88,9
Proteína bruta	15,7	16,2	15,9	15,1
Matéria mineral	6,5	6,3	5,5	5,4
Fibra em detergente ácido	20,5	22,3	23,3	27,0
Fibra em detergente neutro	42,7	43,8	43,1	44,0
FDNf ³	36,5	27,4	18,2	9,1
FDNcs ⁴	–	9,2	18,6	27,8
FDNf (%FDN total) ⁵	85,5	62,6	42,2	20,7
Hemicelulose	22,2	21,5	19,8	17,0
NDT estimado ⁶	73,7	77,2	78,2	78,4
EM (Mcal/kg MS) ⁷	2,67	2,79	2,83	2,84

¹ Tratamentos: 0CS: sem inclusão de casca de soja; 12,5CS: 12,5% de inclusão de casca de soja na dieta; 25CS: 25% de inclusão de casca de soja; 37,5CS: 37,5% de inclusão de casca de soja;

² Composição: 7,5% P; 19% Ca; 1% Mg; 7% S; 14,3% Na; 21,8% Cl; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 1100 ppm Mn; 80 ppm I; 405 ppm Co; 30 ppm Se;

³ FDNf: fibra detergente neutro oriunda da forragem;

⁴ FDNcs: fibra detergente neutro oriunda da casca de soja;

⁵ FDNf (%FDN total): % da FDN da forragem em relação a FDN total da dieta;

⁶ NDT: Nutrientes digestíveis totais estimado de acordo com Crampton et al. (1957) e Lofgreen (1953) onde o NDT é igual aos valores de digestibilidade da MO.

⁷ EM: Energia metabolizável das dietas.

As dietas foram fornecidas *ad libitum*, uma vez ao dia (8 h) e as sobras registradas diariamente para a determinação do consumo diário de matéria seca por baía. As sobras foram amostradas semanalmente por baía experimental, conservadas a -10°C e, posteriormente, descongeladas e secas em estufas de ventilação forçada ($55-60^{\circ}\text{C}$) de acordo com Goering & Van Soest (1970) para a determinação da matéria seca.

As amostras de alimento oferecido e recusado foram moídas em moinhos tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, SP), providos de peneiras com crivos de 1 mm e analisadas para matéria mineral (MM) de acordo com a AOAC (1990), FDN utilizando amilase e sulfito de sódio conforme Van Soest et al. (1991) e MS de acordo com a AOAC (1990). A matéria orgânica foi calculada pela diferença entre a matéria seca e a matéria mineral. A hemicelulose foi obtida através da diferença entre os teores de FDN e de FDA das dietas. Foram determinados os teores de PB conforme a AOAC (1990) e FDA segundo Goering & Van Soest et al. (1970) apenas nas amostras do alimento oferecido. O NDT das dietas foi estimado como sendo igual aos valores de digestibilidade aparente da MO (Lofgreen, 1953; Crampton et al., 1957) obtidos no ensaio metabólico (Tabela 8). O cálculo da EM foi baseado nas equações publicadas pelo NRC (1985), onde $ED = NDT \times 0,04409$ e EM é 82% da ED.

3.1.4 Estimativa da fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe)

A FDNfe das dietas oferecidas (Tabela 4) foi calculada através do método proposto por Mertens (1997). Aproximadamente 170 a 220 g de concentrado (de cada tratamento) e 50 g de feno foram colocados separadamente em uma peneira de 1,18 mm, que foi agitada durante um minuto em um agitador vertical (marca Cenco-Meinzer Sieve Shaker). Após a agitação, a quantidade de cada amostra retida na peneira foi pesada para a determinação do fator de efetividade física (fef). A concentração de FDN de cada concentrado e do feno foi multiplicada pela fração retida na peneira de

1,18 mm para calcular a FDNfe dos concentrados e do feno. A FDNfe das dietas totais foi obtida através da soma da FDNfe de cada concentrado e da FDNfe do feno.

Tabela 4. Teor de FDNfe das dietas experimentais considerando a FDNfe do feno e a FDNfe do concentrado.

	% retida na peneira de 1,18 mm	%FDN ¹	%FDNfe ²
Concentrado ³			
0CS	59,4	12,5	7,4
12,5CS	52,5	26,3	13,8
25CS	58,9	33,2	19,5
37,5CS	52,0	39,9	20,7
Volumoso			
Feno	86,3	72,8	62,8
Dietas totais ⁴			
0CS	NR ⁵	42,7	35,1
12,5CS	NR	43,8	32,2
25CS	NR	43,1	30,3
37,5CS	NR	44,0	26,0

¹ % FDN: teor de FDN dos concentrados, do feno e das dietas totais;

² % FDNfe: FDN fisicamente efetiva foi calculada pela fração retida na peneira de 1,18 mm x % de FDN do concentrado (ou feno). A % FDNfe das dietas foi obtida pela equação: (% FDNfe do concentrado x proporção do concentrado em cada dieta) + (% FDNfe do feno x proporção do feno em cada dieta);

³ Concentrados das dietas 0CS, 12,5CS, 25CS e 37,5CS;

⁴ Dietas totais: 0CS: sem inclusão de casca de soja; 12,5CS: 12,5% de inclusão de casca de soja na dieta; 25CS: 25% de inclusão de casca de soja; 37,5CS: 37,5% de inclusão de casca de soja;

⁵ NR = não realizado na dieta total.

3.1.5 Análise estatística

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro tratamentos e seis repetições, sendo os blocos definidos pelo peso inicial dos animais.

As variáveis determinadas foram: ganho de peso diário, consumo de matéria seca e conversão alimentar. Os dados foram analisados pelo procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (1996), que define as variáveis fixas e aleatórias para a execução das análises. As médias das tabelas foram obtidas pelo comando LSMEANS. Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = M + B_i + T_j + P_k + P_k \times T_j + E_{ijk}$$

Onde:

M = Média geral

B_i = Efeito do bloco

T_j = Efeito do tratamento

P_k = Efeito de período

$P_k \times T_j$ = Interação entre período e tratamento

E_{ijk} = Efeito aleatório

Para as variáveis que obtiveram respostas significativas, utilizou-se o teste de contrastes ortogonais ($P < 0,05$).

3.2 Experimento II: Comportamento ingestivo dos animais

3.2.1 Avaliação do comportamento ingestivo

No vigésimo sexto dia de cada sub-período experimental do ensaio de desempenho, foi avaliado o comportamento ingestivo de todos os animais, individualmente, durante 24 horas, com observações feitas a cada cinco minutos, para determinar o tempo gasto com ingestão e ruminação em minutos/dia. O tempo total despendido em cada atividade foi calculado multiplicando-se o número total de observações por cinco. A atividade de mastigação foi calculada através do somatório das atividades de ingestão e ruminação conforme Armentano & Pereira (1997). As atividades de ruminação, ingestão e mastigação foram expressas em minutos/dia, minutos/g MS e minutos/g FDN consumida. As rações foram fornecidas pela manhã antes do início da avaliação do comportamento.

3.2.2 Avaliação da metodologia de comportamento ingestivo

A maioria dos trabalhos que avaliam o comportamento ingestivo dos animais através de observações visuais, utilizam o intervalo de cinco minutos entre uma observação e outra, considerando que o animal permaneceu efetivamente em ócio, ruminando ou ingerindo durante este tempo.

Para avaliar esta metodologia e compará-la com outros intervalos de tempo, as planilhas utilizadas para observar os animais a cada cinco minutos, foram novamente contadas a cada 10 e 15 minutos. O tempo gasto com ingestão e ruminação (minutos/dia) foram determinados, multiplicando-se o número total de observações por 10 e 15, respectivamente, para, posteriormente, comparar os resultados com aqueles obtidos em intervalos de cinco minutos.

3.2.3 Análise estatística

3.2.3.1 Avaliação do comportamento ingestivo

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro tratamentos e seis repetições. As variáveis determinadas foram: tempos de ingestão e ruminação (em minutos/dia) e atividade de mastigação (em minutos/dia, minutos/g MS e minutos/g FDN ingerida). Os dados foram analisados pelo procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (1996). As médias das tabelas foram obtidas pelo comando LSMEANS. Foi utilizado o teste de contrastes ortogonais ($P < 0,05$) para as variáveis que obtiveram respostas significativas.

Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = M + B_i + T_j + P_k + P_k \times T_j + E_{ijk}$$

Onde:

M = Média geral

B_i = Efeito do bloco

T_j = Efeito do tratamento

P_k = Efeito de período

$P_k \times T_j$ = Interação entre período e tratamento

E_{ijk} = Efeito aleatório

3.2.3.2 Avaliação da metodologia de comportamento ingestivo

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro tratamentos e seis repetições. As atividades de ingestão e ruminação (em minutos/dia) foram analisadas nos intervalos de observação de 5; 10 e 15

minutos. Os dados foram analisados pelo procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (1996). As médias das tabelas foram obtidas pelo comando LSMEANS. Para as variáveis que obtiveram respostas significativas, aplicou-se o teste Tukey ($P < 0,05$). Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = M + B_i + T_j + P_k + TM_l + P_k \times T_j + TM_l \times T_j + E_{ijk}$$

Onde:

M = Média geral

B_i = Efeito do bloco

T_j = Efeito do tratamento

P_k = Efeito de período

TM_l = Efeito do tempo de observação

$P_k \times T_j$ = Interação entre período e tratamento

$TM_l \times T_j$ = Interação entre tempo e tratamento

E_{ijk} = Efeito aleatório

3.3 Experimento III: Consumo e digestibilidade dos nutrientes no trato digestivo total

3.3.1 Animais e instalações experimentais

O experimento foi realizado na instalação do setor de ovinos do Departamento de Zootecnia da ESALQ-USP. Foram utilizados quatro borregos da raça Santa Inês, com peso médio inicial de 43,1 kg e idade média de nove meses, distribuídos em um quadrado latino 4 x 4.

Os animais foram alojados em gaiolas metálicas individuais para ensaios de metabolismo, com dimensões de 1,3 x 0,55 m, providas de cocho e bebedouro.

3.3.2 Tratamentos e fornecimento das dietas

As dietas foram isoprotéicas e iso-FDN e constaram de quatro tratamentos: 0CS; 12,5CS; 25CS e 37,5CS, ou seja, 0; 12,5; 25 e 37,5% de inclusão de casca de soja na dieta, respectivamente, de forma que a casca de soja substituiu 0; 25; 50 e 75% da FDN do feno na dieta. A composição em ingredientes e a composição química das dietas foram as mesmas utilizadas no experimento de desempenho (Tabela 3).

As dietas foram fornecidas *ad libitum*, uma vez ao dia (8 h). O feno foi processado duas vezes em uma desintegradora de feno (marca Silver) antes do fornecimento aos animais e o alimento concentrado foi misturado previamente em um misturador horizontal (marca Lucato, capacidade de 500 kg) e armazenado em tambores plásticos de 200 litros. O feno e o concentrado foram pesados separadamente e misturados nos cochos antes do fornecimento.

3.3.3 Período experimental e pesagem dos animais

O período experimental teve duração de 56 dias com quatro sub-períodos de 14 dias cada, sendo dez dias de adaptação dos animais às dietas e quatro dias para a colheita de dados e amostras. Os animais foram pesados no início de cada período e no primeiro e último dia de cada sub-período de colheita.

3.3.4 Colheita de dados referentes ao consumo de matéria seca

Os dados de consumo de MS por animal por dia foram obtidos através da diferença entre a quantidade de alimento fornecido e o recusado (na MS). As sobras foram colhidas em quantidade total, uma vez ao dia (nos quatro dias de colheita), e compostas por animal e sub-período.

As amostras foram conservadas a -10°C e, posteriormente, descongeladas e secas em estufas de ventilação forçada ($55-60^{\circ}\text{C}$), por 72 horas, para a determinação da matéria seca de acordo com Goering & Van Soest (1970).

3.3.5 Colheita de amostras para a determinação da digestibilidade aparente no trato digestivo total

As fezes foram totalmente colhidas uma vez ao dia, às 8 h, durante os quatro últimos dias de cada sub-período, amostradas em uma alíquota de 10% do total e congeladas a -10°C . Posteriormente, as amostras foram descongeladas, compostas por animal e sub-período e secas em estufas de ventilação forçada ($55-60^{\circ}\text{C}$), por 72 horas, de acordo com Goering & Van Soest (1970).

As amostras do alimento oferecido, recusado e das fezes foram moídas em moinhos tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, SP) providos de peneira com crivos de 1 mm e analisadas para MS de acordo com a AOAC (1990), matéria mineral (MM) conforme a AOAC (1990), FDN segundo Van Soest et al. (1991) e FDA conforme Goering & Van Soest (1970). A matéria orgânica das amostras foi calculada pela diferença entre a matéria seca e a matéria mineral. A hemicelulose foi obtida através da diferença entre a FDN e a FDA das dietas. A digestibilidade aparente dos nutrientes foi calculada da seguinte forma:

Digestibilidade aparente dos nutrientes (%) =

$$\frac{(MSC \times NMS) - (MSF \times NMF)}{(MSC \times NMS)} \times 100$$

Onde:

MSC = matéria seca consumida

MSF = matéria seca fecal

NMF = porcentagem do nutriente na matéria seca fecal

NMS = porcentagem do nutriente na matéria seca consumida.

3.3.6 Análise estatística

O experimento foi conduzido sob um delineamento experimental em quadrado latino 4x4 (quatro animais x quatro sub-períodos). Os dados foram analisados através do procedimento GLM do pacote estatístico SAS (1991). As médias apresentadas nas tabelas foram obtidas pelo comando LSMEANS. Depois de detectadas respostas significativas, foram aplicados contrastes ortogonais na comparação das médias dos tratamentos ($P < 0,05$).

O quadro da análise da variância encontra-se no Quadro 2. Os dados foram analisados pelo seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = M + A_i + P_j + T_k + E_{ijk}$$

Onde:

M = Média geral

A_i = Efeito do animal

P_j = Efeito do período

T_k = Efeito do tratamento

E_{ijk} = Efeito aleatório

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I: Desempenho dos animais

Os dados de consumo de matéria seca, ganho de peso vivo e conversão alimentar estão apresentados na Tabela 5. Verificou-se efeito linear crescente ($P < 0,01$) para o ganho de peso e consumo de matéria seca e efeito linear decrescente ($P < 0,01$) para a conversão alimentar com a inclusão de 0; 12,5; 25 e 37,5% de casca de soja na dieta.

O consumo médio de matéria seca ($1,07 \text{ kg MS/animal.dia}^{-1}$) foi inferior ao recomendado pelo NRC (1985) para ovinos desta categoria ($1,2$ a $1,4 \text{ kg MS/animal.dia}^{-1}$) e cerca de 10% maior do que o verificado por Hejazi et al. (1999), que trabalharam com dietas de alto teor de concentrado para cordeiros ($0,97 \text{ kg MS/animal.dia}^{-1}$). Resultados superiores ao NRC (1985) foram obtidos por Hsu et al. (1987), que substituíram feno por casca de soja, milho ou fibra de milho ($1,57 \text{ kg/animal.dia}^{-1}$). Garcés-Yépez et al. (1997) suplementaram cordeiros com casca de soja, trigo ou uma mistura de milho e farelo de soja em dietas contendo alta proporção de feno, e observaram um valor médio de consumo de matéria orgânica de $1,18 \text{ kg/animal.dia}^{-1}$.

Hsu et al. (1987) compararam fontes de energia (milho, fibra de milho e casca de soja) nas quantidades de 50 e 70% da MS total e duas proporções de inclusão de feno de gramínea (30 e 10% da MS) no desempenho de cordeiros. Estes autores verificaram que a casca de soja e a fibra de milho com inclusão de 70% na dieta (%MS) e 10% de feno promoveram maiores consumos de MS ($1,8$ e $1,9 \text{ kg/animal.dia}^{-1}$, respectivamente) em relação ao milho ($1,36$

kg/animal.dia⁻¹) e à inclusão de 50% das fontes de energia na dieta ($P < 0,05$). Quando compararam a substituição do feno pela casca de soja (20% de substituição na MS), o consumo de MS aumentou 15,6%, sendo superior aos 12% de aumento observados no presente experimento, quando a casca substituiu 25% do feno (Tabela 5).

Observando a Tabela 5, o consumo de matéria seca aumentou com a inclusão de casca de soja na dieta. Sabe-se que o feno ocupa mais espaço no rúmen, fazendo com que o consumo do animal seja limitado pelo efeito de enchimento ruminal. À medida que a casca de soja foi acrescentada, este efeito diminuiu e o animal passou a consumir mais alimento por dia. Além disso, o menor tamanho de partícula da casca de soja, quando comparado ao do feno de gramínea grosseiramente picado, provavelmente, contribuiu para uma maior taxa de passagem da dieta e, conseqüentemente, para o aumento do consumo de alimento. As diferenças nas características físicas da FDN da casca de soja e do feno, como o tamanho de partícula e a densidade, contribuíram para estes resultados.

A FDN proveniente de forragem é um fator muito importante na dieta de ruminantes, pois estimula a mastigação e promove a produção de saliva, que neutraliza os ácidos produzidos durante a fermentação no rúmen. Uma quantidade inadequada de FDNf na dieta pode levar à redução do pH ruminal, do consumo de alimento e comprometer o desempenho do animal. O NRC (2001) recomenda um teor mínimo de 25% FDN, sendo 19% oriunda de forragem, a fim de manter estáveis o ambiente ruminal e a produção de gordura do leite.

Comparando com as exigências do NRC (2001), as dietas do atual experimento continham um teor elevado de FDN total (ao redor de 44%), visto a necessidade de preservar a saúde dos animais e não colocá-los em uma zona de risco, já que eram fêmeas para reposição. Contudo, apesar do alto teor de FDN da dieta, a quantidade de FDNf dos tratamentos 25CS e 37,5CS continham apenas 18,2% e 9,1% FDNf (% MS; Tabela 3), o que poderia

comprometer o desempenho do animal considerando os dados do NRC (2001). Com os resultados obtidos no desempenho (Tabela 5) e no ensaio de metabolismo (Tabelas 8 e 9), foi possível verificar que a redução da FDN proveniente de forragem grosseiramente picada em até 9% não comprometeu a saúde dos animais e aumentou o ganho de peso e a digestibilidade dos nutrientes conforme a adição de uma fonte de fibra de melhor qualidade oriunda da casca de soja. É importante salientar também que a quantidade, a fonte e a forma física da forragem afetam o uso de subprodutos na dieta.

Tabela 5. Consumo de matéria seca (CMS), ganho de peso vivo (GPV) e conversão alimentar (CA) das borregas no período experimental.

Itens	Tratamentos ¹				EPM ³	P ⁴
	0CS	12,5CS	25CS	37,5CS		
Peso inicial, kg	23,02	22,93	23,45	23,13	0,70	0,7957
Peso final ² , kg	32,49	34,41	36,11	38,92	0,51	0,0001
CMS ² , kg/d	0,95	1,02	1,08	1,20	0,03	0,0001
%PV	3,48	3,59	3,70	3,96	0,10	0,0001
g/kg PV ^{0,75}	79,39	82,69	85,85	92,68	1,66	0,0001
GPV ² , g/d	113	137	150	187	6,00	0,0001
CA ² , kg MS/kg ganho	8,55	7,20	7,11	6,25	0,42	0,0001

¹ Tratamentos: 0CS: sem inclusão de casca de soja; 12,5CS: 12,5% de inclusão de casca de soja na dieta; 25CS: 25% de inclusão de casca de soja; 37,5CS: 37,5% de inclusão de casca de soja;

² Efeito linear (P < 0,01);

³ Erro Padrão da Média;

⁴ P = Probabilidade de haver efeito significativo entre tratamentos.

Alguns trabalhos realizados com vacas leiteiras envolvendo a substituição de forragens (geralmente silagem de milho e/ou feno de alfafa) por fontes de fibra não-forragem, têm gerado resultados variáveis no consumo de alimento. Cunningham et al. (1993) notaram redução linear no CMS (P < 0,03) quando incluíram 0; 12,5 e 25% (da MS da dieta) de casca de soja em

substituição à silagem de milho. Harmison et al. (1997) diminuíram a FDNf das dietas (21; 16 e 11%) com a adição de casca de soja e observaram redução linear no CMS, principalmente, quando a FDNf passou de 16 para 11% da MS. Nesses dois trabalhos, a quantidade de FDN efetiva pode não ter sido suficiente, causando uma elevação na concentração de ácidos no rúmen e levando à diminuição do consumo de alimento. Outros autores não verificaram diferenças no CMS quando substituíram feno de alfafa e silagem de milho por casca de soja (Sarwar et al., 1991; Sarwar et al., 1992).

Weidner & Grant (1994b), trabalhando com vacas leiteiras constataram um aumento no consumo de MS apenas quando a casca de soja substituiu 42% da MS de uma mistura de forragens (silagem de milho e alfafa) contendo feno de alfafa grosseiramente picado. De acordo com os autores, o menor tamanho de partícula da casca de soja foi um dos determinantes para este aumento do consumo. Outros tratamentos que não continham feno ou um teor mais baixo de casca não apresentaram alteração no consumo.

O ganho de peso vivo (Tabela 5) aumentou linearmente ($P < 0,01$) com a inclusão de casca de soja na dieta, apresentando uma média geral de 147 g/dia. Um padrão de desempenho semelhante foi observado por Hsu et al. (1987), onde o ganho de peso dos cordeiros foi de 140 e 220 g/dia para as dietas com 50 e 70% (na MS) de inclusão de casca de soja, respectivamente.

O maior ganho de peso observado com a inclusão de casca de soja na dieta foi ocasionado, provavelmente, ao aumento do consumo de energia digestível, que variou entre 3,09 e 4,15 Mcal/dia. O aumento linear ($P < 0,04$) nas digestibilidades da matéria seca ($P = 0,128$) e da matéria orgânica ($P = 0,118$) (Tabela 8) e o aumento do consumo de alimento proporcionaram um maior aporte energético para o animal, que foi refletido no ganho de peso (Tabela 5), à medida que a casca de soja substituiu o feno.

Alguns autores, utilizando novilhos de corte (Anderson et al., 1988; Hsu et al., 1987; Royes et al., 2001), bezerros (Falkner et al., 1994) ou cabritos de corte (Moore et al., 2002), não observaram diferenças no ganho de peso diário

quando compararam casca de soja e milho como suplementos energéticos em dietas contendo feno de gramínea como principal ingrediente.

Fontes energéticas como o milho (alto teor de amido) e o melaço de cana (alto teor de açúcares) melhoram o desempenho do animal quando são fornecidas como suplemento em dietas com alta proporção de forragens, mas reduzem o consumo e a digestibilidade da fibra proveniente das mesmas (Royes et al., 2001). A rápida redução no pH ruminal provocada por estas fontes altamente fermentescíveis no rúmen prejudica as bactérias celulolíticas e a digestão da fibra, conseqüentemente. A casca de soja tem vantagens sobre essas fontes, porque contém alto teor de fibra potencialmente digestível e minimiza as mudanças na fermentação ruminal e no pH, podendo promover desempenhos similares ou superiores aos do milho ou melaço.

Garcés-Yépes et al. (1997) constataram maior ganho de peso ($P=0,06$) em novilhos em crescimento suplementados com casca de soja (0,95 kg/dia) do que com farelo de soja e milho (0,76 kg/dia) em dietas a base de feno de gramínea. De acordo com estes autores, este resultado poderia estar associado a uma maior digestibilidade da FDN no trato digestivo total ($P<0,01$) da casca de soja em comparação com a mistura de farelo de soja e milho (63,3% e 51%, respectivamente).

A conversão alimentar reduziu linearmente ($P<0,01$) com a inclusão de casca de soja na dieta (Tabela 5). Os valores obtidos indicaram que a eficiência alimentar aumentou, à medida que a quantidade de casca de soja foi incluída na dieta, pois o aumento do ganho de peso foi maior do que o do CMS.

Hsu et al. (1987) também observaram melhora na conversão alimentar ($P<0,05$) com a inclusão de 50 e 70% (da MS da dieta) de casca de soja na alimentação de cordeiros, obtendo valores de 11,39 e 8,17 kg MS/kg ganho, respectivamente. Loerch et al. (2001) não encontraram diferenças significativas na conversão alimentar de borregos (as), quando substituíram um terço do farelo de alfafa por casca de soja, mas obtiveram melhores conversões quando

comparadas aos do presente estudo, devido ao fato de que os machos são mais eficientes do que as fêmeas em converter o alimento em ganho de peso.

4.2 Experimento II: Comportamento ingestivo dos animais

4.2.1 Avaliação do comportamento ingestivo

Os dados relativos aos tempos gastos com ingestão, com ruminação e com mastigação, expressos em minutos/dia, minutos/g de MS e minutos/g de FDN estão apresentados na Tabela 6.

Houve efeito linear decrescente ($P < 0,02$) para todas as variáveis analisadas, indicando que os tempos de ingestão, de ruminação e de mastigação (em minutos/dia; minutos/g MS ou minutos/g FDN) reduziram à medida que a casca de soja foi adicionada na dieta. A redução do tamanho de partícula das dietas com a inclusão da casca foi um dos fatores que contribuiu para estes resultados.

Quando os tempos de ruminação e mastigação do alimento são limitados, ocorre redução da produção de saliva, podendo levar à diminuição do pH ruminal e, conseqüentemente, da digestibilidade da fibra. Apesar da adição da casca de soja ter ocasionado reduções na atividade de mastigação, a quantidade de fibra potencialmente digestível presente na mesma é um fator que acaba compensando a menor produção de saliva, pois promove um padrão de fermentação semelhante ao de uma forragem e assim, ajuda a manter o pH ruminal, não prejudicando o desempenho do animal (Tabela 5) e a digestibilidade dos nutrientes (Tabelas 8 e 9).

De acordo com Grant (1997), o tempo de mastigação decresce com a redução do tamanho de partícula e da concentração de FDN da forragem. Welch e Smith (1971) observaram que o tempo de ruminação foi maior quando partículas de 5 cm de propileno foram inseridas no rúmen de ovinos ou

novilhos. Santini et al. (1983) também observaram que o tempo total de mastigação aumentou com o aumento do tamanho de partículas.

Tabela 6. Efeito da inclusão da casca de soja na dieta sobre o comportamento ingestivo de borregas confinadas.

Itens ²	Tratamentos ¹				EPM ³	P ⁴
	0CS	12,5CS	25CS	37,5CS		
Ingestão						
Min/d ⁷	261	255	237	237	12,97	0,0681
Min/g MS ⁵	0,28	0,25	0,22	0,20	0,013	<0,0001
Min/g FDN ⁵	0,71	0,62	0,54	0,46	0,019	<0,0001
Ruminação						
Min/d ^{5,6}	398	395	381	289	10,43	<0,0001
Min/g MS ^{5,6}	0,42	0,39	0,35	0,24	0,012	<0,0001
Min/g FDN ^{5,6}	1,09	0,96	0,87	0,55	0,024	<0,0001
Mastigação						
Min/d ^{5,6}	658	650	619	526	14,19	<0,0001
Min/g MS ^{5,6}	0,70	0,65	0,57	0,44	0,017	<0,0001
Min/g FDN ^{5,6}	1,81	1,59	1,40	1,00	0,046	<0,0001

¹ Tratamentos: 0CS: sem inclusão de casca de soja; 12,5CS: 12,5% de inclusão de casca de soja na dieta; 25CS: 25% de inclusão de casca de soja; 37,5: 37,5% de inclusão de casca de soja;

² Tempos de ingestão, ruminação e mastigação em minutos/dia, minutos por grama de MS ou minutos por grama de FDN consumida;

³ Erro Padrão da Média;

⁴ P= Probabilidade de haver efeito significativo entre tratamentos;

⁵ Efeito linear (P<0,0001);

⁶ Efeito quadrático (P<0,005);

⁷ Efeito linear (P<0,02).

Weidner & Grant (1994a) utilizaram uma dieta controle contendo silagem de alfafa e de milho (60% da MS da dieta) e incluíram 25% (da MS da dieta) de casca de soja com 20% de feno de alfafa picado ou 25% de casca de soja sem feno na alimentação de vacas leiteiras. Estes autores verificaram valores de 382; 375 e 240 minutos de ruminação/dia e 632; 587 e 497 minutos

de mastigação/dia para os tratamentos com 0% de casca de soja; 25% de casca de soja com 20% de feno e 25% de casca sem feno, respectivamente.

Observando a Tabela 6, a dieta com 25% de casca de soja e 25% de feno (% MS) apresentou valores próximos de ruminação e mastigação em minutos/dia aos da dieta controle utilizada por Weidner & Grant (1994a), que continha 27,5% de FDN total e 60% de forragem sem casca de soja. Isso mostra que a dieta 25CS que continha 25% de feno (Tabela 6) ainda manteve um tempo satisfatório de ruminação e de mastigação, quando comparado ao estudo destes autores. Porém, é importante salientar que as dietas do presente experimento possuíam 16,5 pontos percentuais a mais de FDN do que a dieta utilizada por Weidner & Grant (1994a), o que pode ter favorecido os valores parecidos entre os dois ensaios.

O tempo de ruminação no tratamento 25CS (381 minutos/dia; Tabela 6) também foi próximo ao observado por Weidner & Grant (1994a), quando utilizaram uma dieta com 25% de casca de soja e 20% de feno de alfafa (375 minutos/dia). Neste último, a adição do feno aumentou o tamanho de partícula da dieta, o consumo de FDN, a atividade de ruminação, o pH ruminal e a relação acetato:propionato, quando comparado ao tratamento com casca e sem feno. Isso comprova as conclusões de Grant (1997), ao inferir que, quando fontes de fibra não-forragem substituem parcialmente uma forragem, é necessário que o tamanho de partícula da forragem seja suficiente para estimular a ruminação, evitar a redução do pH e reter por mais tempo as partículas menores no rúmen.

Allen (1997) compilou dados de literatura sobre o tempo total de mastigação (TTM) em minutos/dia e propôs um modelo usando o índice de tamanho de partícula como um fator na equação. Em combinação com este índice, a concentração e o consumo de FDN proveniente da forragem foram positivamente relacionados ($P < 0,0001$) ao TTM e responderam por 66 e 64% da variação, respectivamente. Quando todos os fatores (CMS, tamanho de partícula e FDNf) foram incluídos na equação, 69% da variação no TTM foi

explicada. Em uma análise de regressão, Armentano & Pereira (1997) determinaram que o tempo de mastigação/kg MS aumentou quando a FDNf aumentou ($R^2 = 0,81$) e isso ocorreu devido ao maior tempo gasto com mastigação aliado ao decréscimo do CMS.

Com base nos dados citados acima, é possível sugerir que os resultados apresentados na Tabela 6 estão de acordo com as propostas de Allen (1997) e Armentano & Pereira (1997), ou seja, quando a FDNf (% da MS) diminuiu com a inclusão de casca de soja, o tamanho de partícula da dieta também diminuiu, levando à redução da atividade de mastigação, que foi aliada ao aumento do CMS.

Nas Figuras 1 e 2, observa-se o efeito da redução da FDNf (% da MS) nas dietas (Tabela 3) sobre o tempo de mastigação em minutos/dia, minutos/g de MS e minutos/g de FDN obtidos na Tabela 6.

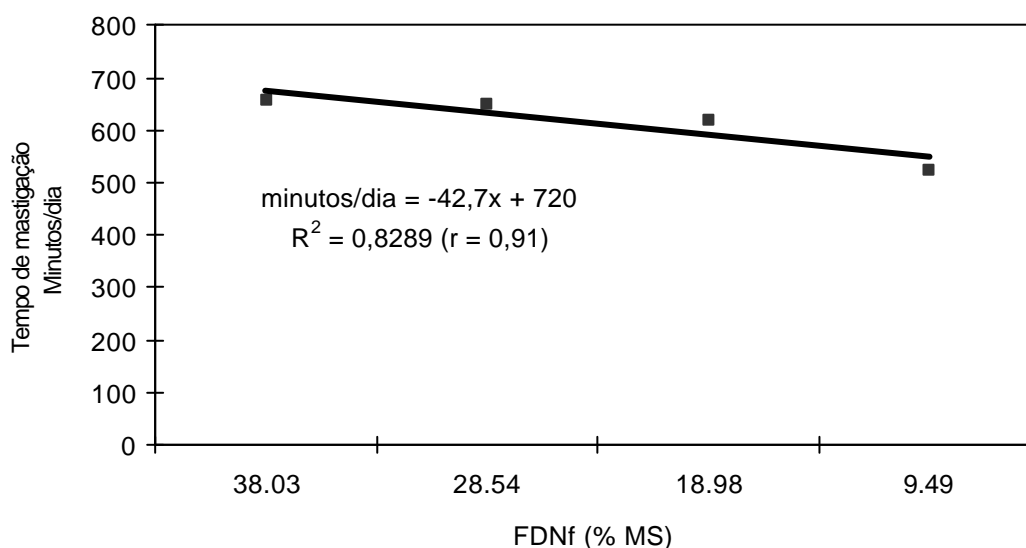


Figura 1 - Efeito da redução da FDNf nas dietas sobre o tempo de mastigação em minutos/dia

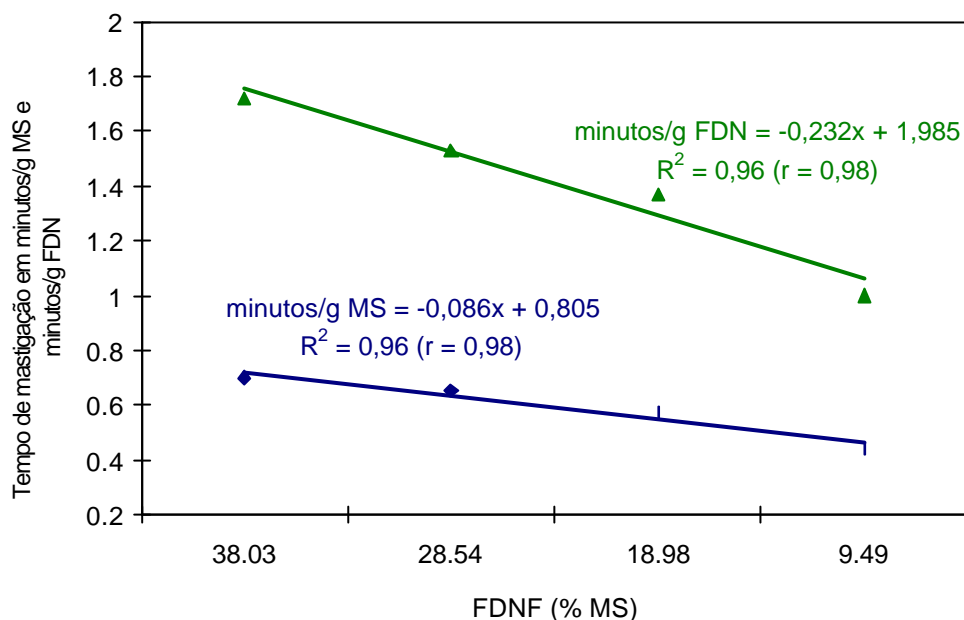


Figura 2 - Efeito da redução da FDNf nas dietas sobre o tempo de mastigação em minutos/g MS e minutos/g FDN

A quantidade de FDNf na dieta (% MS) explicou 98% da relação com o tempo de mastigação (mostrada pelo coeficiente de correlação; Figura 2); porém, se outros fatores fossem incluídos na equação, essa correlação seria reduzida, pois o CMS, o tamanho de partícula, a FDN da dieta, a relação acetato:propionato e a FDN oriunda de subprodutos também exercem influência sobre a atividade de mastigação, como foi constatado por Allen (1997) e Armentano & Pereira (1997).

Embora a FDN da casca de soja seja comparável a FDN de outras forragens, a sua habilidade em estimular a atividade de mastigação é limitada. A adição da casca de soja reduz o tempo de mastigação, porém pode aumentar o consumo de FDN por unidade de mastigação. Isso foi confirmado por Weidner & Grant (1994b), onde o aumento da substituição das silagens de milho e de alfafa por casca de soja, de 25% para 42%, reduziu a atividade de mastigação

em 31%, mas aumentou de 11g para 16g o consumo de FDN por minuto de mastigação, respectivamente. No presente estudo, observou-se que o consumo de FDN por minuto de mastigação (Tabela 6) aumentou de 0,55 g para 1 g nas dietas 0CS e 37,5CS, respectivamente.

Fimbres et al. (2002) trabalharam com teores crescentes de feno na alimentação de ovinos (0; 10; 20 e 30% da MS) e observaram um efeito linear crescente ($P < 0,01$) no tempo de ingestão, ruminação e mastigação em minutos/dia com o aumento da quantidade de feno na dieta. O tempo de ruminação com 10% de feno (308 minutos/dia) foi próximo à dieta com 12,5% de feno (289 minutos/dia; Tabela 6).

Segundo Mertens (1997) as propriedades físicas da fibra são essenciais para manter o ambiente ruminal estável, a atividade de mastigação, a secreção de saliva, a produção de gordura do leite e o desempenho do animal. Este autor desenvolveu um método laboratorial simples, onde integrou as características físicas (proporção de partículas retidas na peneira de 1,18 m) e químicas (teor de FDN) da fibra para estimar a FDNfe dos alimentos. Com este método, é possível substituir a utilização de animais para determinar a atividade de mastigação, já que a FDNfe está diretamente relacionada com o tamanho de partículas, que estimula a mastigação e estabelece uma estratificação bifásica do conteúdo ruminal, contribuindo para formação de uma camada flutuante de partículas grandes ("mat") sobre um pool de líquido e partículas pequenas.

Na Tabela 4, observa-se que a adição de casca de soja reduziu o teor de FDNfe das dietas, sendo que a FDNfe do tratamento com maior inclusão de casca de soja (37,5CS) foi 27,8% menor do que o tratamento sem a casca (0CS). Isso refletiu nos resultados obtidos no comportamento ingestivo dos animais (Tabela 6), onde os tempos gastos com mastigação, com ingestão e com ruminação reduziram à medida que a casca de soja foi incluída na dieta, indicando que a diminuição da FDNfe (em função do menor tamanho de partículas) afetou diretamente a atividade de mastigação. O tempo de

mastigação em minutos/dia, minutos/g MS e minutos/ g FDN na dieta 37,5CS foi 20%; 37% e 45% menor do que a dieta 0CS, respectivamente.

4.2.2 Avaliação da metodologia de comportamento ingestivo

Os valores referentes aos tempos de observação dos animais na avaliação da metodologia do comportamento ingestivo estão apresentados na Tabela 7. Não houve diferença ($P>0,05$) entre os tempos de observação (sub-parcelas) para as atividades de ruminação e ingestão em minutos/dia, bem como para a interação tratamento e tempo de observação. Verificou-se diferença ($P<0,05$) apenas entre os tratamentos (parcelas) para as atividades de ruminação e de ingestão.

Tabela 7. Comparação dos tempos de observação dos animais na avaliação da metodologia do comportamento ingestivo.

Tempo de observação (min) ²	Tratamentos ¹				Sub-parcelas ³
	0CS	12,5CS	25CS	37,5CS	
Ruminação (min/dia)					
5	398	395	381	289	366
10	398	396	389	289	368
15	398	399	386	287	367
Parcelas ⁴	398 ^a	397 ^a	385 ^a	289 ^b	
Ingestão (min/dia)					
5	261	255	237	237	248
10	260	260	234	242	249
15	252	258	233	245	247
Parcelas ⁴	258 ^a	258 ^a	235 ^b	241 ^{ab}	

^{a,b} Letras diferentes nas linhas referem-se às médias que diferem entre si pelo teste Tukey ($P<0,05$);

¹ Tratamentos: 0CS: sem inclusão de casca de soja; 12,5CS: 12,5% de inclusão de casca de soja na dieta; 25CS: 25% de inclusão de casca de soja; 37,5: 37,5% de inclusão de casca de soja;

² Tempo de observação dos animais a cada 5; 10 ou 15 minutos durante 24 horas;

³ Médias das sub-parcelas (tempo de observação);

⁴ Médias das parcelas (tratamentos).

A maioria dos trabalhos que avaliam o comportamento ingestivo dos animais através de observações visuais (Woodford & Murphy, 1988; Colenbrander et al., 1991; Poore et al., 1993; Weidner & Grant, 1994a; Weidner & Grant, 1994b; Abel-Caines et al., 1997; Rabelo, 2002), utilizam o intervalo de cinco minutos durante 24 horas para observar os tempos de ingestão e de ruminação e, posteriormente, somam estes tempos para obter a atividade de mastigação. Com este intervalo, assume-se que o animal permanece durante cinco minutos realizando a mesma atividade (ingerindo, ruminando ou em ócio).

Teoricamente, quanto menor o intervalo de observação, menor será o risco do animal mudar de atividade sem ser observado e, conseqüentemente, mais preciso será o resultado dos tempos de ruminação e ingestão. Entretanto, quando o número de observadores é escasso e/ou quando a quantidade de animais é muito grande, o intervalo de cinco minutos entre uma observação e outra pode não ser o suficiente para conseguir avaliar todos os animais, necessitando de um maior intervalo de tempo para tal avaliação.

Com os dados obtidos na Tabela 7 observou-se que, empregando um intervalo maior de observação dos animais (10 ou 15 minutos), os resultados não foram diferentes do tempo comumente utilizado (cinco minutos), ou seja, o observador pode utilizar um intervalo de 10 ou 15 minutos entre uma observação e outra quando for mais conveniente ou necessário.

4.3 Experimento III: Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes no trato digestivo total

4.3.1 Matéria seca e matéria orgânica

Os dados de consumo e digestibilidade aparente da matéria seca e matéria orgânica no trato digestivo total de borregos estão apresentados na Tabela 8. O consumo e a digestibilidade aparente no trato digestivo total

(DATT) da MS e MO aumentaram linearmente com a inclusão de casca de soja na dieta.

Tabela 8. Consumo e digestibilidade aparente no trato digestivo total (DATT) da matéria seca e da matéria orgânica em ovinos.

Itens ¹	Tratamentos ²				EPM ⁵	P ⁶
	0CS	12,5CS	25CS	37,5CS		
Matéria seca						
Consumo, kg/d ³	1,24	1,40	1,35	1,66	0,07	0,055
CMSD, kg/d ³	0,90	1,06	1,01	1,28	0,06	0,036
DATT, % ⁴	72,52	75,88	76,83	77,40	1,30	0,128
Matéria orgânica						
Consumo, kg/d ³	1,15	1,31	1,27	1,57	0,07	0,044
CMOD, kg/d ³	0,85	1,00	0,97	1,23	0,06	0,032
DATT, % ⁴	73,69	77,23	78,16	78,37	1,26	0,118

¹ CMSD= consumo de matéria seca digestível; CMOD= consumo de matéria orgânica digestível;

² Tratamentos: 0CS: sem inclusão de casca de soja; 12,5CS: 12,5% de inclusão de casca de soja na dieta; 25CS: 25% de inclusão de casca de soja; 37,5CS: 37,5% de inclusão de casca de soja;

³ Efeito linear (P< 0,02);

⁴ Efeito linear (P<0,04);

⁵ Erro Padrão da Média;

⁶ P= Probabilidade de haver efeito significativo entre tratamentos.

O aumento no consumo de matéria seca e matéria orgânica com a inclusão de casca de soja na dieta refletiu o que aconteceu no ensaio de desempenho e pode ser explicado da mesma forma, ou seja, devido ao tamanho reduzido de partículas da casca, houve um menor enchimento ruminal e uma maior taxa de passagem da dieta, fazendo com que o animal ingerisse mais alimento, à medida que a casca de soja foi incluída (0 a 37,5% na MS) e a quantidade de feno diminuiu (50 a 12,5% na MS) nas dietas.

Como pode ser observado na Tabela 8 e na Figura 3, a inclusão de casca de soja proporcionou incrementos na digestibilidade aparente da MS e da MO no trato digestivo total e os valores constatados foram superiores aos de diversos autores que trabalharam com casca de soja utilizada para substituir

feno de gramínea e/ou silagem de milho (Sudweeks, 1977; Anderson et al., 1988; Grigsby et al., 1992) ou como suplemento em dietas contendo, principalmente, feno de gramínea (Martin & Hibberd, 1990; Galloway et al., 1993; Garcés-Yépez et al., 1997).

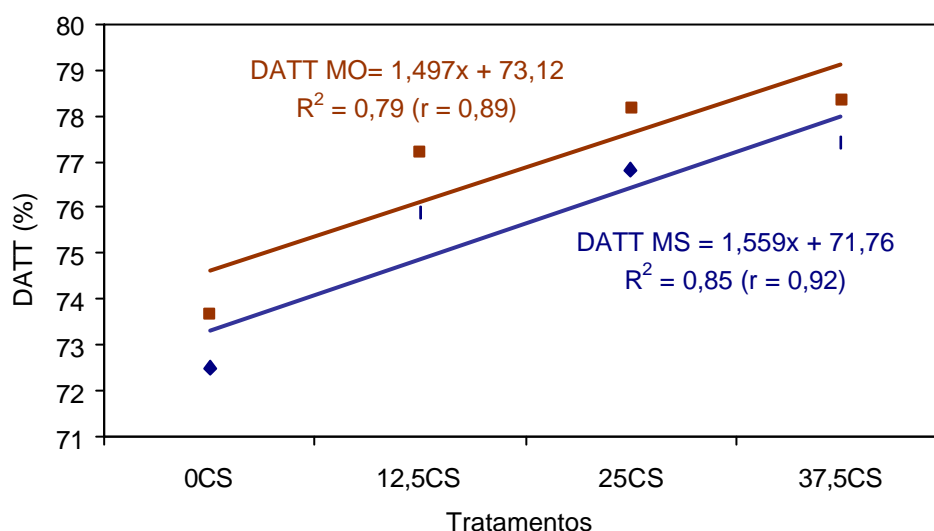


Figura 3 - Efeito da substituição do feno pela casca de soja na digestibilidade aparente da MS e da MO no trato digestivo total

Alguns autores também verificaram um aumento linear ($P < 0,05$) na digestibilidade da MS e/ou MO no trato digestivo total com a inclusão de casca de soja em dietas para bovinos de corte (Anderson et al., 1988; Martin & Hibberd, 1990; Grigsby et al., 1992; Royes et al., 2001) ou de novilhas leiteiras (Trater et al., 2001). Silva (2001) observou um aumento de 6,3% na digestibilidade da MS no trato digestivo total de bovinos quando aumentou a quantidade de casca de soja de 18 para 42% da MS da dieta em substituição ao feno de “coastcross”.

Cunningham et al. (1993) não encontraram diferenças significativas na digestibilidade aparente da MO no trato digestivo total de vacas leiteiras quando

incluiram 0; 12,5 e 25% da MS de casca de soja em substituição à silagem de milho. Os autores sugeriram que o tamanho reduzido da partícula de casca de soja não interferiu negativamente na digestibilidade, não havendo, portanto, diferenças em relação ao tratamento controle (40% de silagem sem casca de soja).

Quando a casca de soja não substitui totalmente uma forragem, ou seja, quando há uma quantidade mínima de forragem na dieta, o tempo de retenção da casca no rúmen é maior, podendo colaborar para uma melhor digestibilidade dos nutrientes provenientes da casca. Isto foi observado por Hintz et al. (1964), que encontraram valores de 69,3 e 78,5% na digestibilidade aparente da MS no trato digestivo total de ovinos para uma proporção de 100:0 e 50:50 de casca de soja e feno, respectivamente. Nakamura & Owen (1989), trabalhando com vacas leiteiras, observaram um aumento de 8% na taxa de passagem quando a casca de soja passou de 25 para 48% da MS da dieta.

Embora a efetividade física da dieta reduziu quando a casca de soja substituiu o feno (Tabela 4), a FDNfe de todas as dietas ainda manteve-se elevada e, juntamente com a melhor qualidade da porção fibrosa da casca (comparada ao feno) e o seu benefício na fermentação ruminal (efetividade química), verificou-se melhoria nas digestibilidades da MS e da MO com a adição da casca de soja.

4.3.2 Fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido

Os dados de consumo e digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemicelulose no trato digestivo total de borregos estão apresentados na Tabela 9. Houve efeito linear crescente ($P < 0,02$) entre os tratamentos para consumo de FDN, de FDA e de hemicelulose e para a DATT da FDN e da hemicelulose. Observou-se um efeito quadrático ($P = 0,02$) na DATT da FDA com o aumento da casca de soja na dieta.

O aumento do consumo de FDN, FDA e hemicelulose deve-se ao aumento do consumo de matéria seca com a inclusão da casca de soja, já que as dietas foram iso-FDN. Weidner & Grant (1994b) também constataram um aumento do consumo de FDN, quando incluíram 15% e 25% de casca de soja (na MS da dieta) em substituição à silagem de milho e alfafa.

Tabela 9. Consumo e digestibilidade aparente no trato digestivo total (DATT) da fibra em detergente neutro (FDN), da fibra em detergente ácido (FDA) e da hemicelulose em ovinos.

Itens ¹	Tratamentos ²				EPM ⁵	P ⁶
	0CS	12,5CS	25CS	37,5CS		
Fibra em detergente neutro						
Consumo, kg/d ³	0,50	0,61	0,66	0,75	0,04	0,020
CFDND, kg/d ³	0,31	0,42	0,47	0,54	0,04	0,022
DATT, % ³	61,39	69,00	70,88	72,36	1,81	0,020
Fibra em detergente ácido						
Consumo, kg/d ³	0,25	0,33	0,36	0,39	0,02	0,026
CFDAD, kg/d ³	0,15	0,23	0,25	0,25	0,02	0,048
DATT, % ⁴	61,72	69,51	69,74	63,41	2,27	0,098
Hemicelulose						
Consumo, kg/d ³	0,25	0,28	0,29	0,36	0,02	0,020
CHD, kg/d ³	0,16	0,19	0,22	0,31	0,02	0,004
DATT, % ³	61,04	68,37	72,30	82,19	1,93	0,001

¹ CFDND= consumo de FDN digestível; CFDAD= consumo de FDA digestível; CHD= consumo de hemicelulose digestível

² Tratamentos: 0CS: sem inclusão de casca de soja; 12,5CS: 12,5% de inclusão de casca de soja na dieta; 25CS: 25% de inclusão de casca de soja; 37,5CS: 37,5% de inclusão de casca de soja;

³ Efeito linear (P < 0,02);

⁴ Efeito quadrático (P=0,02);

⁵ Erro Padrão da Média;

⁶ P= Probabilidade de haver efeito significativo entre tratamentos.

As digestibilidades da FDN e hemicelulose também foram maiores com a adição da casca. As diferenças na digestão da fibra são relacionadas à própria natureza da FDN (Ludden et al., 1995) e a casca de soja mostrou ser mais digestível do que a FDN da forragem e, juntamente com o aumento do consumo de matéria seca digestível, promoveu um maior aporte energético para o animal, como foi confirmado no ensaio de desempenho (Tabela 5). Calculando-se a média dos três tratamentos com casca de soja, a digestibilidade da FDN com a inclusão da casca foi 13,2% maior do que a do tratamento 0CS.

Grigsby et al. (1992) verificaram um efeito linear crescente na digestibilidade aparente da FDN no trato digestivo total de novilhos de corte, quando incluíram 0; 15; 30; 45 e 60% de casca de soja (na MS) em substituição ao feno de gramínea de baixa qualidade. Os autores concluíram que a casca de soja exerceu uma influência positiva na digestão da parede celular das forragens e nem o pH ruminal ou a concentração de amônia analisados decresceram suficientemente para inibir a degradação da fibra quando a casca substituiu o feno.

Trabalhos com bovinos de corte (Anderson et al., 1988) e novilhas leiteiras (Trater et al., 2001) também demonstraram aumento linear ($P < 0,05$) na digestibilidade aparente da FDN no trato digestivo total quando a casca de soja substituiu forragens. Silva (2001) observou um aumento significativo ($P < 0,05$) na digestibilidade aparente da FDN no trato digestivo total de bovinos quando aumentou a quantidade de casca de soja de 18 para 42% da MS da dieta em substituição ao feno de "coastcross" e encontrou um resultado semelhante à dieta 25CS do presente experimento (71,3% e 70,9%, respectivamente). A adição de casca de soja (20% da MS da dieta) em dietas com 40% de forragem aumentou em 14,3% a digestibilidade da FDN no trato digestivo total de vacas leiteiras, quando comparada à dietas com 40 e 60% de forragem sem a casca (Pantoja et al., 1994).

Quando oferecida como suplemento em dietas contendo feno como principal fonte de volumoso, a casca de soja melhora a degradação da fibra da forragem e não decresce a atividade fibrolítica dos microrganismos ruminais, como geralmente acontece quando o milho é utilizado. Devido ao seu alto teor de amido, a inclusão de milho pode reduzir o pH ruminal e prejudicar o consumo e a digestibilidade de forragens (Highfill et al., 1987; Galloway et al., 1993; Grigsby et al., 1993; Royes et al., 2001).

Observando a Tabela 9, verificou-se um efeito quadrático na digestibilidade da FDA com a inclusão da casca de soja ($P=0,02$), sendo que as dietas 12,5CS e 25CS apresentaram os maiores valores de digestibilidade. A maior concentração de lignina do feno pode ter interferido negativamente na digestibilidade da celulose, através de barreiras físicas que impedem o ataque microbiano, resultando na menor digestibilidade da FDA na dieta 0CS. A queda da digestibilidade da FDA na dieta 37,5CS pode estar associada ao tempo de retenção das partículas da dieta no rúmen, que não foi suficiente para permitir maior digestibilidade da fração mais lentamente digestível da FDA (celulose).

Em alguns trabalhos, a inclusão de casca de soja como fonte de suplementação em dietas com alta proporção de forragens aumentou a digestibilidade da FDA no trato digestivo total de bovinos (Highfill et al., 1987; Martin & Hibberd, 1990; Falkner et al., 1994; Royes et al., 2001). Cunningham et al. (1993) incluíram 0; 12,5 e 25% da MS da dieta de casca de soja em substituição à silagem de milho e verificaram um aumento linear ($P<0,04$) na digestibilidade aparente da FDA no trato digestivo total de vacas leiteiras, devido, provavelmente ao maior consumo de FDA, já que a FDA da dieta aumentou com a inclusão da casca. No entanto, não foram observadas diferenças na digestibilidade aparente da FDN no trato digestivo total.

A digestibilidade da hemicelulose aumentou linearmente ($P=0,0002$) com a inclusão da casca de soja na dieta (Tabela 9). Este aumento pode ser devido ao baixo teor de lignina presente na casca quando comparada ao feno (2,1% e 5,2%, respectivamente; Galloway, et al., 1993). A lignina é o principal

componente responsável pela diminuição da digestão dos polissacarídeos da parede celular, pois forma ligações covalentes com a hemicelulose por meio da xilose e arabinose (Jung & Vogel, 1986), dificultando o acesso das enzimas microbianas ao sítio de reação do substrato (hemicelulose). Além da lignina, o arranjo espacial das células e a espessura da parede celular também podem limitar a digestão (Wilson & Mertens, 1995).

Royes et al. (2001) também notaram uma maior digestibilidade da hemicelulose no trato digestivo total de bovinos quando incluíram casca de soja em dietas contendo feno de gramínea.

5 CONCLUSÕES

A casca de soja utilizada até 37,5% da MS total da dieta para borregas na fase de crescimento, melhora o consumo de MS e o ganho de peso.

A digestibilidade da MS e da MO aumentaram com a substituição do feno de “coastcross” por casca de soja.

A casca de soja possui menor quantidade de FDN fisicamente efetiva quando comparada a FDN do feno de “coastcross”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEL-CAINES, S.F.; GRANT, R.J.; HADDAD, S.G. Whole cottonseeds or a combination of soybeans and soybean hulls in the diets of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1353-1357, 1997.
- ALLEN, M.S. Fiber requirements for dairy cattle? How long can you go? In: CALIFORNIA NUTRITION CONFERENCE, Davis, 1996. **Proceedings**. Davis: University of California, 1996. p. 12-18.
- ALLEN, M.S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1447-1462, 1997.
- ALLEN, D.M.; LAMMING, G.E. Some effects of nutrition on the growth and sexual development of ewe lambs. **Journal of Agricultural Science**, v.57, p.87-95, 1961.
- AMARANTE, A.F.T. Controle de endoparasitoses dos ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p.461- 473.

- ANDERSON, K.N.; MERRIL, J.K.; MCDONNELL, M.L.; KLOPFENSTEIN, T.J. Digestibility and utilization of mechanically processed soybean hulls by lambs and steers. **Journal of Animal Science**, v.66, p.2965-2976, 1988.
- ARMENTANO, L.; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1416-1425, 1997.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 5. ed. Arlington, 1962.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15 ed. Arlington, 1990. v.1, 1117p.
- CHAPPELL, G.L.M. Nutritional management of replacement sheep utilizing southern forages: A Review. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3151-3154, 1993.
- CHASE JR., C.C.; HIBBERD, C.A. Utilization of low-quality native grass hay by beef cows feeding increasing quantities of corn grain. **Journal of Animal Science**, v.65, p.557-566, 1987.
- COLENBRANDER, V.F.; NOLLER, C.H; GRANT, R.J. Effect of fiber content and particle size of alfafa silage on performance and chewing behavior. **Journal of Dairy Science**, v.74, p. 2681-2681, 1991.
- COSTA, C.A.F.; VIEIRA, L.S.; PANT, K.P. Valores de eritrócitos e eosinófilos em cordeiros deslanados, antes e depois de medicações anti-helmínticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, p.193-201, 1986.

- CRAMPTON, E.W.; LLOYD, F.E.; MACKAY, V.G. The calorie value of TDN. **Journal of Animal Science**, v.16, p.541-545, 1957.
- CUNNINGHAM, K.D.; CECAVA, M.J.; JONHSON, T.R. Nutrient digestion, nitrogen and amino acid flows in lactating cows fed soybean hulls in place of forage or concentrate. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3523-3535, 1993.
- DONEY, J.M.; GUNN, R.G.; HORÁK, F. Reproduction. In: COOP, I.E. **World animal science: sheep and goat production**. Amsterdam: Elsevier Scientific Pub., 1982. p.57-78.
- ELOY, A.M.X.; SIMPLÍCIO, A.A.; FOOTE, W.C. Reproduction in sheep. In: SHELTON, M.; FIGUEIREDO, E.A.P. **Hair sheep production in tropical and sub-tropical regions**. Sobral: EMBRAPA, 1990. p.97-111.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos. **Relatório técnico anual**. Sobral, 1983. 200p.
- FALKNER, D.B.; HUMMEL, D.; BUSKIRK, D.; BERGER, L.L.; PARRET, D.F.; CMARIK, G.F. Performance and nutrient metabolism by nursing calves supplemented with limited or unlimited corn or soyhulls. **Journal of Animal Science**, v.72, p.470-477, 1994.
- FIMBRES, H; KAWAS, J.R.; HERNADEZ-VIDAL, J.F.; PICÓN-RUBIO, C.D; LU, C.D. Nutrient intake, digestibility, mastication and ruminal fermentation of lambs fed finishing ration with various forage levels. **Small Ruminant Research**, v.43, p.275-281, 2002.
- FIRKINS, J.L. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1426-1437, 1997.

FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L. Replacement of forage or concentrate with combinations of soyhulls, sodium bicarbonate, or fat for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, p. 2752-2761, 1992.

GALLOWAY, D.L.; GOETSH, A.L.; FORSTER Jr, L.A.; PATIL, A.R.; SUN, W.; JONHSON, Z.B. Feed Intake and digestibility by cattle consuming bermudagrass or orchardgrass hay supplemented with soybean hulls and (or) corn. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3987-3095, 1993.

GARCÉS-YÉPEZ, P.; KUNKLE, W.E.; BATES, D.B.; MOORE, J.E.; THATCHER, W.W.; SOLLENBERGER, L.E. Effects of supplemental energy source and amount of forage intake and performance by steers and intake and diet digestibility by sheep. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 1918-1925, 1997.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Washington: Agricultural Research Service, 1970. 19p. (Agricultural Handbook, 379).

GRANT, R.J. Interactions among forages and nonforage fiber sources. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1438-1446, 1997.

GRIGSBY K.N.; KERLEY M.S.; PATERSON J.A.; WEIGEL, J.C. Site and extent of nutrient digestion by steers fed a low-quality bromegrass hay diet with incremental levels of soybean hull substitution. **Journal of Animal Science**, v.70, p.1941-1949, 1992.

- GRIGSBY K.N.; KERLEY M.S.; PATERSON J.A.; WEIGEL, J.C. Combinations of starch and digestible fiber in supplements for steers consuming a low-quality bromegrass hay diet. **Journal of Animal Science**, v.71, p.1057-1064, 1993.
- HARMISON, B.; EASTRIDGE, M.L.; FIRKINS, J.L. Effect of percentage of dietary forage neutral detergent fiber and source of starch on performance of lactating Jersey cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p. 905-911, 1997.
- HAFEZ, E.S.E. Studies on the breeding season and reproduction of the ewe. **Journal of Agricultural Science**, v.42, p.189-265, 1952.
- HEJAZI, S.; FLUHARTY, F.L.; PERLEY, J. E.; LOERCH, S.C.; LOWE, G.D. Effects of processing and dietary fiber source on feedlot performance, visceral organ weight, diet digestibility, and nitrogen metabolism in lambs. **Journal of Animal Science**, v.77, p. 507-515, 1999.
- HIGHFILL, B.D.; BOGGS, D.L.; AMOS, H.E.; CRICKMAN, J.G. Effects of high fiber energy supplements on fermentation characteristics and in vivo and in situ digestibilities of low quality fescue hay. **Journal of Animal Science**, v.65, p.224-234, 1987.
- HINTZ, H.F.; MATHIAS, M.M.; LEY Jr., H.F.; LOOSLI, J.K. Effects of processing and of feeding hay on the digestibility of soybean hulls. **Journal of Animal Science**, v.23, p.43-46, 1964.
- HSU, J.T.; FAULKNER, D.B.; GARLEB, K.A.; BARCLAY, R.A.; FAHEY, G.C.; L.L, BERGER. Evaluation of corn fiber, cottonseed hulls, oat hulls and soybean hull as roughage sources for ruminants. **Journal of Animal Science**, v.65, p.244-255, 1987.

- JUNG, H.G.; VOGEL, K.P. Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material. **Journal of Animal Science**, v.62, p.1703-1712, 1986.
- LOERCH, S.C. Dietas a base de concentrado para gado de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 9., Piracicaba, 1996. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1996, p. 135-160.
- LOERCH, S.C.; LOWE, G.D.; CLEVINGER, D.D. **Utilization of corn and soyhulls in lamb finishing diets**. Columbus: The Ohio State University, Department of Animal Science, n.181, 2001. 3p. (Special Circular, 181).
- LOFGREEN, G.P. The estimation of total digestible nutrients from digestible organic matter. **Journal of Animal Science**, v.12, p.359-365, 1953.
- LUDDEN, P.A.; CECAVA, M.J.; HENDRIX, K.S. The value of soybean hulls as a replacement for corn in beef cattle diets formulated with or without added fat. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2706-2711, 1995.
- MARTIN, S.K.; HIBBERD, C.A. Intake and digestibility of low-quality native grass hay by beef cows supplemented with graded levels of soybean hulls. **Journal of Animal Science**, v.74, p.4319-4325, 1990.
- McGREGOR, C.A.; OWEN, F.G.; MCGILL, L.D. Effect of increasing ration fiber with soybean mill run on digestibility and lactation performance. **Journal of Dairy Science**, v.59, p.682-689, 1976.

- MENDES, C.Q.; PEREIRA, E.M.; SUSIN, I.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.C. Efeito do uso de monensina em dietas com alto concentrado sobre o desempenho de cordeiros confinados (compact disc). In: INTERNATIONAL SIMPOSIUM OF UNDERGRADUATED RESEARCH, 8., Piracicaba, 2000. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2000.
- MERTENS, D.R. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, Lavras, 1992. **Anais**. Lavras: SBZ, 1992. p.1-32.
- MERTENS, D.R. Formulating dairy rations: using fiber and carbohydrate analysis to formulate dairy rations. In: INFORMATION CONFERENCE DAIRY AND FORAGE INDUSTRIES, Madison, 1996. **Proceedings**. Madison: US. Dairy Forage and Research Center, 1996. p.81-92.
- MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal Dairy Science**, v.80, p.1463-1481, 1997.
- MOORE, J.A.; POORE, M.H.; LUGINBUHL, J.M. By-products feeds for meat goats: Effects on digestibility, ruminal environment, and carcass characteristics. **Journal of Animal Science**, v.80, p. 1752-1758, 2002.
- MORAIS, J.B.; SUSIN, I.; PIRES, A. L.; OLIVEIRA JR., R. C. Efeito do uso de diferentes níveis de concentrado em dietas de bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum sp L*) hidrolisado sobre o desempenho de cordeiros confinados (compact disc). In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 7., Piracicaba, 1999. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1999.

NAKAMURA, T., OWEN, F. G. High amounts of soyhulls for pelleted concentrate diets. **Journal of Dairy Science**, v. 72, p. 988-994, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. Washington: Nacional Academy Press, 1984. 90p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of sheep**. 6. ed. Washington: Nacional Academy Press, 1985. 99p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. ed. Washington: National Academy Press, 1996. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 2001. 381p.

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

POORE, M.H.; MOORE, J.A.; SWINGLE, T.P.E; BROWN, H. Response of lactating Holstein cows to diets varying in fiber source and ruminal starch degradability. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.2235-2243, 1993.

POPPI, D.P.; HENDRICKSEN, R.E.; MINSON, D.J. The relative resistance to escape of leaf and stem particles from the rumen of cattle and sheep. **Journal of Agriculture Science**, v.105, p.9-14, 1985.

QUICKE, G.V. BENTLEY, O.G.; SCOTT, H.W.; JOHNSON, R.R.; MOXON, A.L.

Digestibility of soybean hulls and flakes and the in vitro digestibility of the cellulose in various milling by-products. **Journal of Dairy Science**, v.42, p.185-187, 1959.

RABELO, M. M. A. Efeitos de fontes e níveis de fibra íntegra, em dietas contendo bagaço de cana-de-açúcar tratado sob pressão e vapor, sobre a digestibilidade, desempenho e comportamento ingestivo de bovinos de corte. Piracicaba, 2002. 61 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

RHIND, S.M. Nutrition: its effects on reproductive performance and its hormonal control in female sheeps and goats. In: SPEEDY, A.W. **Progress in sheep and goats research**. Wallingford: CAB International, 1992. p.25-52.

ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: JAMES, W.P.T.; THEANDER, O. **The analysis of dietary fiber in food**. New York, 1981.

ROYES, J.B.; BROWN, W.F.; MARTIN, F.G.; BATES, D.B. Source and level of energy supplementation for yearling cattle fed ammoniated hay. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1313-1321, 2001.

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

SANTINI, F.J.; HARDIE, A.R.; JORGENSEN, N.A. Proposed use of adjusted intake based on forage particle length for calculation of roughage indexes. **Journal of Dairy Science**, v.66, p.811-820, 1983.

SARWAR, M.; FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L. Effects of replacing neutral detergent fiber of forage with soyhulls and corn gluten feed for dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.1006-1017, 1991.

SARWAR, M.; FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L. Effects of varying forage and concentrate carbohydrates on nutrient digestibilities and milk production by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.1533-1542, 1992.

SAS INSTITUTE. SAS user's guide: version 5. Cary, 1991.

SAS INSTITUTE. SAS User's guide: version 6.12. Cary, 1996.

SILVA, A.E.D.F.; NUNES, J.F.; RIERA, G.S.; BARROS, N.N.; LOPES, E.A.; FOOTE, W.C. Influência da nutrição na atividade ovariana e após a puberdade em ovinos das raças deslanadas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE REPRODUÇÃO ANIMAL, Belo Horizonte, 1984. **Anais**. Belo Horizonte: Fundação Cargil, 1984. p.319.

SILVA, L.D.F. Degradabilidade ruminal da casca de soja e fontes proteicas e seus efeitos nas digestões ruminal e intestinal de rações de bovinos. Jaboticabal, 2001. 110p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

SILVA SOBRINHO, A.G. Principais raças ovinas. In: SILVA SOBRINHO, A.G. (Ed.). **Criação de ovinos**. Jaboticabal: FUNEP, 1997. p. 39-54.

SIMPLÍCIO, A.A.; FIGUEIREDO, E.A.P.; RIERA, G.S.; FOOTE, W.C. Puberty in breeds of female hair sheep in northeast Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, p.1249-1253, 1989.

- SIQUEIRA, E.R. Manejo de matrizes em rebanhos produtores de carne. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. **A produção animal na visão dos brasileiros.** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.447-453.
- SOUSA, W.H. Ovinos Santa Inês: potencialidades e limitações. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2., Uberaba, 1998. **Anais.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 1998. p.233-237.
- SUDWEEKS, E.M. Digestibility by sheep of diets of citrus pulp, corn or soybean mill feed with three forages. **Journal of Dairy Science**, v.60, p.1410-1415, 1977.
- SUSIN, I. Exigências nutricionais de ovinos e estratégias de alimentação. In: SILVA SOBRINHO, A.G.; BATISTA, A.M.V.; SIQUEIRA, E.R.; ORTOLANI, E.L.; SUSIN, I.; DA SILVA, J.F.C.; TEIXEIRA, J.C.; BORBA, M.F.S. **Nutrição de ovinos.** Jaboticabal, FUNEP, 1996. p.119-141.
- SUSIN, I.; ROCHA, M.H.; PIRES, A.V. Efeito do uso de bagaço de cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisado sobre o desempenho de cordeiros confinados (compact disc). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., Viçosa, 2000. **Anais.** Viçosa: SBZ, 2000.
- TAMBARA, A.A.C.; OLIVO, C.J.; PIRES, M.B.G.; SANCHES, L.M.B. Avaliação *in vivo* da digestibilidade da casca do grão de soja moída com ovinos. **Ciência Rural**, v. 25, p. 283-287, 1995.

- TRATER, A.M.; TITGEMEYER, E.C.; LÖEST, C.A.; LAMBERT, B.D. Effects of supplemental alfafa hay on the digestion of soybean hull-based diets by cattle. **Journal of Animal Science**, v. 79, p.1346-1351, 2001.
- TURINO, V.F. Substituição da fibra em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana-de-açúcar *in natura* pela FDN da casca de soja em dietas contendo alta proporção de concentrado para cordeiros confinados. Piracicaba, 2003. 60p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- UMBERGER, S.H.; GOODE, L.; CARUOLO, E.V.; HARVEY, R.W.; BRITT, J.H.; LINNERUD, A.C. Effects of accelerated growth during rearing on reproduction and lactation in ewes lambing at 13 to 15 months of age. **Theriogenology**, v.23, p.555-564, 1985.
- VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. The use of detergents in analysis of fibrous feeds: IV. Determination of plant cell-wall constituents. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v.50, p.50, 1967.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.
- WEIDNER, S.J.; GRANT, R.J. Altered ruminal consistency by high percentages of soybean hulls fed to lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.522-532, 1994a.
- WEIDNER, S.J.; GRANT, R.J. Soyhulls as a replacement for forage fiber in diets for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.513-521, 1994b.

WELCH, J.G.; SMITH, A.M. Physical stimulation of rumination activity. **Journal of Animal Science**, v.33, p.1118-1123, 1971.

WILSON, J.R.; MERTENS, D.R. Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. **Crop Science**, v.35, p.251-259, 1995.

WOODFORD, S.T.; MURPHY, M.R. Effect of forage physical form on chewing activity, dry matter intake, and rumen function of dairy cows in early lactation. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.674-686, 1988.