

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”  
DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO ANIMAL  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS  
DISCIPLINA: (LPA – 825) NUTRIÇÃO DE RUMINANTES III –  
LIPÍDIOS E CARBOIDRATOS ESTRUTURAIIS  
PROFESSOR: Dr. LUIZ GUSTAVO NUSSIO

## **ASSOCIAÇÕES DE INGREDIENTES E EFETIVIDADE DE FIBRA**

Alunos: Dimas Estrasulas de Oliveira  
Marcelo Q. Manela  
Marco Antônio S. da Gama

Piracicaba/2001

## **1. INTRODUÇÃO**

Em alguns países como o Brasil, os sistemas de produção de ruminantes são grandemente baseados na utilização de forragens, sejam na forma de pastagens nativas e/ou cultivadas ou na forma conservada, como a base da alimentação. Mas é sabido que há uma sazonalidade na produção forrageira, o que modifica tanto a sua quantidade como a sua qualidade. Isto implica em pelo menos em determinadas épocas do ano, fazer uso de alimentos suplementares. Além deste aspecto, com o avanço no melhoramento genético dos animais, obtendo-se assim animais mais produtivos e com maiores exigências nutricionais e com a necessidade de uma maior competitividade em relação à outras atividades, tornou-se necessário muitas vezes confinar os animais bem como utilizar outros ingredientes para suprir as deficiências destas dietas a base de forragens. Com isto, há muito são feitos estudos mostrando a influência e a necessidade do fornecimento de alimentos concentrados (grãos, subprodutos) para suprir as exigências nutricionais dos animais e alcançar determinados índices de produção. Ao mesmo tempo, estes mesmos estudos relacionaram estes aspectos de uso de concentrados com parâmetros metabólicos e de função ruminal, mostrando-se daí a importância da parte fibrosa da dieta, na maioria das vezes representada pela fração de fibra em detergente neutro (FDN), em determinar os limites nos quais se pode trabalhar sem o comprometimento da função ruminal e conseqüentemente da saúde dos animais. Esta preocupação é maior em bovinos leiteiros do que com àqueles para corte, em função da necessidade de uma maior longevidade dos animais produtores de leite.

## **2. FIBRA NA DIETA (FDN) E DESEMPENHO ANIMAL**

Os atuais sistemas (NRC, 2001) para satisfazer às exigências nutricionais dos animais, não possuem definições claras sobre às exigências de fibra e de carboidratos não fibrosos na dieta, mesmo sendo estas duas frações as maiores, percentualmente, na matéria seca do total de alimentos ingeridos diariamente pelos animais. Além disso, um sistema que se propusesse a definir as exigências de fibra dos animais, deveria incluir no seu corpo de informações, rotina de análise de laboratório, preferencialmente fácil de ser posta em prática para medir os atributos dos alimentos relacionados a este aspecto de quantificação.

### 3. O PORQUÊ DO USO DA FRAÇÃO DE FDN:

A concentração de FDN nos alimentos ou dietas é negativamente correlacionada com a concentração de energia, e a sua composição química, ou seja, as proporções dos componentes afetam a digestibilidade da fração. Devido a isso, alimentos ou dietas com concentrações similares de FDN não necessariamente deverão ter similares concentrações de energia. Assim certos alimentos ou dietas com alto teor de FDN podem ter mais energia que poderá tornar-se disponível, do que outro alimento ou dieta com menor concentração de FDN, somente devido à composição desta fração (NRC, 2001). Assim sendo, a máxima quantidade de FDN que poderia ser incluída na dieta é uma função das exigências energéticas dos animais. Mas há um consenso de que uma mínima quantidade de FDN deve ser incluída com o objetivo de manter a “saúde” ruminal e dos animais.

A fração de FDN dos alimentos mede a quantidade total de fibra e quantifica diferenças entre alimentos, de uma forma mais racional quando comparado à outras frações de fibra. Além disso, esta fração tem sido relacionada com outros aspectos da nutrição como o consumo, a densidade do alimento, a atividade mastigatória que os animais exercem, a digestibilidade da dieta e a taxa de digestão. Outro aspecto importante seria que a fração de FDN poderia indiretamente fixar o limite superior da relação volumoso : concentrado da dieta (MERTENS, 1997).

Este mesmo autor ressalta ainda que formular uma ração e principalmente fixar as exigências nutricionais de fibra somente na fração de FDN incorre-se no erro de não levar-se em conta as diferenças desta fração nos ingredientes (proporções de celulose : hemicelulose : pectina : lignina), que pode influenciar aspectos de digestão e da passagem do alimento no trato gastrointestinal. Deve-se considerar também que a fração FDN não mede aspectos físicos da fibra como tamanho de partícula e densidade, e estas características podem influenciar a fermentação e digestão ruminal, o metabolismo, a produção e a saúde dos animais.

Os aspectos citados anteriormente nos permitem dizer que em misturas simples de forragens com tamanho de partícula grandes (ex: fenos) com alimentos concentrados que possuem um baixo teor de fibra (grãos), se usássemos somente a fração FDN como base para fixar também os limites inferiores de uma relação volumoso : concentrado, provavelmente não teríamos problemas. Mas quando se faz uso de subprodutos que possuem um elevado teor de fibra, ou quando a forragem utilizada possui um tamanho de partícula pequeno, a situação é mais crítica (MERTENS, 1997).

#### 4. O CONCEITO DE FIBRA EFETIVA

Alguns nutricionistas desenvolveram o conceito de fibra efetiva ou “valor de substituição” para alimentos que poderiam ser usados de forma quantitativa para formular rações e que **poderiam manter a produção de gordura do leite e a saúde dos animais “efetivamente”**. Estes valores de fibra efetiva foram baseados em diferentes “alimentos padrões”. Este mesmo autor em 1986 sugeriu que o papel das características físicas dos alimentos, poderia ser mais claramente explicado se as diferenças químicas na fração FDN dos alimentos pudesse ser removida.

Sobre este assunto, MERTENS (1997) definiu a efetividade da fibra de duas maneiras: 1) FDN fisicamente efetivo (peFDN) que estaria relacionado às características físicas da fibra, principalmente com o tamanho de partícula e que influenciaria a atividade mastigatória e a natureza bifásica do conteúdo ruminal (mat ruminal) porque estaria relacionado à concentração de fibra, ao tamanho de partícula e à redução de partícula; 2) FDN efetivo (eFDN) que seria a capacidade total de um alimento em substituir uma quantidade de forragem em uma dieta, de maneira que a percentagem de gordura do leite produzido pelos animais comendo esta dieta, seja efetivamente mantida.

A resposta animal relacionada com a (peFDN) é a atividade mastigatória e seria esta fração o produto da concentração de FDN de um alimento e sua efetividade física (pef). Por definição, este último fator variaria de 0 quando a FDN não estimula a mastigação até 1 quando estimularia. O conteúdo do “mat” ruminal reteria estas fibras, de forma seletiva, contribuindo para a dinâmica da fermentação, para a passagem do material e para o estímulo à ruminação. Desta forma a (peFDN) estaria relacionada à saúde do animal e a depressão da gordura do leite basicamente pela manutenção de um pH ruminal adequado através do aporte de saliva durante a ingestão e ruminação.

O conceito de fibra fisicamente efetiva (peFDN) deste autor difere dos de outros porque este atributo dos alimentos é baseado na concentração de FDN e na relativa efetividade do FDN em promover a mastigação e também porque não é expresso em minutos de mastigação/ kg de matéria seca porque haveriam outros fatores como raça, tamanho, nível de consumo, que influenciariam na atividade mastigatória.

Com relação à (eFDN), a resposta relacionada é o percentual de gordura do leite e por definição, o fator de efetividade (e) poderia variar de 0 quando o alimento não tem a capacidade de manter o teor de gordura do leite à valores maiores que 1 quando um alimento mantém a percentagem de gordura do leite mais efetivamente do que ele

mantêm a atividade mastigatória. Na essência, a eFDN representa o valor total de substituição de um alimento, por uma quantidade equivalente de forragem, na sua capacidade de manter a produção de gordura do leite.

Logicamente que (peFDN e eFDN) deveriam ser altamente correlacionados, principalmente para alimentos que diferem só em tamanho de partícula. Mas no caso de alimentos que mantêm o percentual de gordura do leite mas que não estimulam a mastigação (ex: alimentos que contêm gordura ou que possuam uma capacidade tamponante) o eFDN é maior do que o peFDN. No caso inverso, o eFDN pode ser menor para um alimento que afeta muito a fermentação ruminal e a produção de gordura do leite, sem afetar a mastigação (ex: alimentos que contenham açúcares).

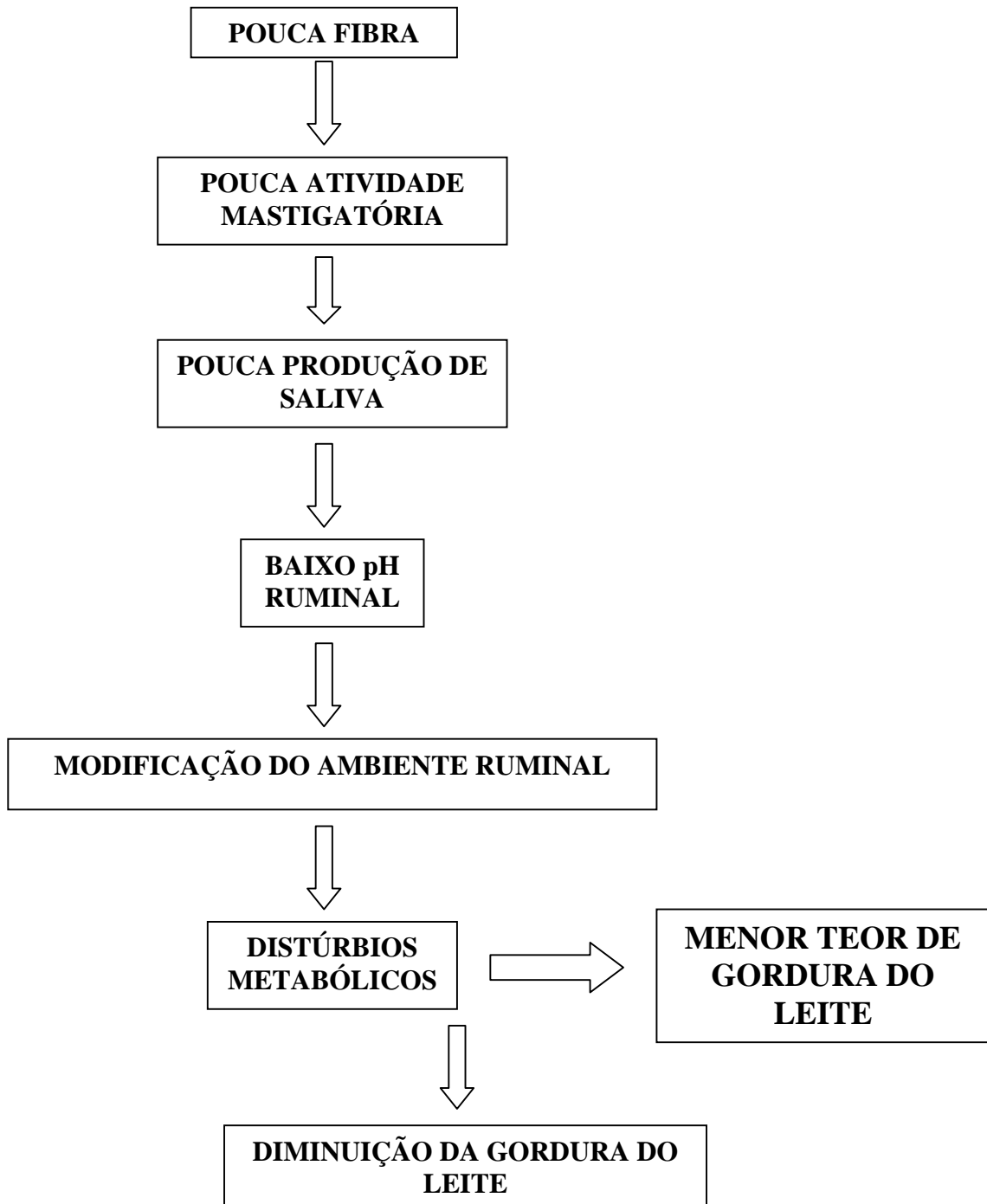
Já ARMENTANO e PEREIRA (1997) comentaram que o ajuste da quantidade de fibra efetiva em uma dieta é complexo porque com o uso de diferentes ingredientes (formas e composições) altera aspectos da dieta que influenciam nas respostas dos animais. Comentaram ainda que a efetividade física deveria ser medida por respostas dos animais, que dependessem de características macrofísicas como o tempo de mastigação e a consistência do “mat” ruminal. Para estes autores a efetividade física é um componente importante do valor da fibra, mas não é o único. Disseram que há respostas do animal que integrariam as características físicas e não físicas da dieta e assim definiriam uma medida mais completa da fração “efetiva de FDN (eFDN)”. As variáveis respostas passíveis de serem usadas seriam a percentagem de gordura do leite, o pH ruminal ou o padrão de produção de ácidos graxos voláteis (relação acetato/propionato). Estes mesmos autores compilaram dados da literatura e usaram análises de correlação e regressão para mostrar o exposto acima.

#### **4.1 RESPOSTAS FISIOLÓGICAS À FIBRA EFETIVA**

Diferenças na quantidade e nas propriedades físicas da fibra podem afetar a utilização da dieta e conseqüentemente a performance dos animais. Quando há uma grande inclusão de fibra na dieta, há uma diminuição da densidade energética, uma diminuição do consumo e resultando em um mau desempenho. Mas na situação inversa, na falta de fibra há distúrbios na fermentação ruminal podendo levar o animal até a morte.

Quantidades adequadas de fibra na dieta fazem com que haja uma maior mastigação e ruminação, uma maior produção de saliva que irá contribuir para o tamponamento do pH ruminal.

Na Figura 1 é mostrado a “Cascata” de eventos que ocorrem devido a pouca Fibra Efetiva. Há que se considerar que uma grande proporção de carboidratos não-fibrosos ou não estruturais podem produzir as mesmas respostas.



Há circunstâncias em que o pH ruminal e o teor de gordura do leite são deprimidos, mesmo quando não há um acréscimo de carboidratos não-fibrosos ou não-estruturais em substituição à fibra da forragem e mesmo quando a relação volumoso : concentrado é mantida. É no caso em que se tem a forragem picada em partículas de tamanho pequeno. MERTENS (1997) comentou que as mudanças nas respostas biológicas dos animais levam a crer que neste caso a efetividade da fibra que é o principal problema e não a sua substituição, sugerindo que o aspecto físico é relevante para o funcionamento ruminal.

#### 4.2 AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DA FIBRA NOS ALIMENTOS

MERTENS (1997) propôs que deveria ser baseada em características dos alimentos que possam ser definidas e quantificadas em laboratório. Com base em trabalhos que mostraram e analisaram o tamanho de partículas encontradas nas fezes dos animais, estipulou um tamanho mínimo de partícula que ficaria retida no rúmen e que estimularia a mastigação e ruminação. Assim, sugeriu que a (peFDN) poderia ser medida em laboratório baseada nas concentrações de FDN e na proporção de partículas que ficam retidas em peneira de abertura 1,18 mm. Para a obtenção da (peFDN) multiplicaria a proporção de partículas retidas na peneira pela concentração de FDN. Na Tabela 1 abaixo é exemplificado.

Tabela 1. Estimativas do peFDN de alimentos usando medidas químicas e físicas de laboratório. (Adaptado de Mertens, 1997).

Alimento	FDN % da MS	Peneira de 1,18 mm Fração Retida	peFDN % da MS
PADRÃO	100	1.00	100.00
Feno Gramínea	65	0.98	63.7
Feno Leguminosa	50	0.92	46.0
Silagem de Milho	51	0.81	41.5
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	0.005	0.3

Já ARMENTANO e PEREIRA (1997) propuseram que esta deveria ser feita através de ensaios com animais. O modelo proposto usa a relação entre os coeficientes de regressão (b) obtidos entre o percentual de gordura do leite ou outra variável resposta, plotados contra a FDN de uma dieta padrão e àquela com a inclusão da fibra a ser testada. Comentaram que os resultados obtidos seriam para um determinado grupos de animais em uma dada condição, o que consideraram importante. Alertaram porém que as forragens utilizadas como padrão podem diferir e a estimativa da efetividade para um mesmo alimento teste poderia variar entre ensaios.

## 5. ASPECTOS COMENTADOS SOBRE A FRAÇÃO FIBRA NO NRC (2001)

Tomando-se como base animais alimentados com dietas de silagem de alfafa ou milho como a principal fonte de forragem e onde o milho moído e seco é a principal fonte de amido da dieta, o teor mínimo de FDN da dieta deve ser de 25%, com um mínimo de 19% deste vindo da fração FDN da forragem. Acompanhe a Tabela 2 abaixo:

TABELA 2. Concentrações mínimas recomendadas (% da MS) de FDN total e de origem de forragem e concentrações máximas (% MS) de carboidratos não-fibrosos (CNF) para dietas de vacas lactantes quando a dieta é fornecida como ração totalmente misturada (TMR), quando a forragem tem um adequado tamanho de partícula e o milho moído é a fonte de amido predominante.

Mínimo FDN de Forragem	Mínimo FDN na dieta	Máximo CNF na dieta	Mínimo FDA na dieta
19	25	44	17
18	27	42	18
17	29	40	19
16	31	38	20
15	33	36	21

Adaptada do NRC (2001).

Fica claro dos dados mostrados na tabela acima que quando a contribuição do FDN da forragem diminui, há um aumento na exigência mínima de FDN na dieta para compensar a contribuição de FDN de outras fontes que não forragem. Este mesmo



conselho comenta ainda que o teor mínimo de FDN deve aumentar quando se trabalha com uma forragem de tamanho pequeno de partícula.

**Os principais “alertas” em relação à características da dieta, sugeridos neste guia de exigências são:**

- a) As dietas sob estes parâmetros acima comentados, devem ser formuladas em função da composição atual dos alimentos e não em valores de tabela;
- b) Deve-se levar em conta os possíveis erros na mistura e fornecimento dos alimentos, devendo-se formular uma dieta com um mínimo de FDN maior, quando houver tal possibilidade;
- c) Dietas que tenham um tamanho de partícula pequeno, ou onde a fonte de amido possa Ter maior disponibilidade ruminal, ou onde menos que 19% da fração de FDN vem da forragem e quando não são fornecidas na forma de ração totalmente misturada (TMR), exigem um percentual mínimo maior de FDN.

### **5.1 AJUSTES SUGERIDOS PELO NRC (2001)**

São sugeridos ajustes no teor mínimo de FDN da dieta, com base no teor mínimo proveniente de forragens. Embora sendo um aspecto polêmico em relação à efetividade da fibra, estes ajustes mostram uma clara preocupação em relação às diferentes fontes de FDN em uma dieta. O principal motivo deste ajuste é porque o FDN provido por forragens é diferente daquele de fontes não forragem tais como os subprodutos: casca de soja, farelo de trigo, polpa de beterraba, refinazil e o FDN dos grãos. Com isto é tentado uma compensação da manutenção de determinados parâmetros como o teor de gordura do leite, pH ruminal, tempo de mastigação, quando há inclusão de fontes de FDN que não de forragens.

**Os principais ajustes são:**

- a) A efetividade média do FDN de fontes que não forragem, foi fixado em 50% daquele de forragens;
- b) Para cada unidade percentual de diminuição no FDN de forragem (na MS), abaixo do mínimo de 19%, o teor de FDN na dieta deve aumentar em dois pontos percentuais e o máximo de carboidratos não fibrosos deve ser reduzido em duas unidades percentuais. Exceção feita ao caroço de algodão com línter.

## 5.2 AJUSTES QUALITATIVOS ÀS RECOMENDAÇÕES DE FDN

- a) **Fonte de amido:** embora a concentração de FDN possa não ser alterada na dieta, devido às alterações verificadas em parâmetros como o percentual de gordura do leite, pH ruminal e perfil de ácidos graxos voláteis, quando há inclusão de fontes de amido com diferentes disponibilidades fermentativas no rúmen, tais como milho floculado, milho de alta umidade, cevada), sugerem que deva ocorrer um aumento no teor de FDN da dieta, acima dos níveis citados anteriormente na Tabela 2.
- b) **Tamanho de partícula da forragem:** é sabido que o tamanho de partícula da forragem tem impacto sobre alguns parâmetros, como a mastigação e o pH ruminal. Forragens finamente picadas podem levar a problemas metabólicos demonstrados na Figura 1. É consenso que o teor de FDN da dieta deve ser aumentado em “várias” unidades percentuais quando o tamanho médio de partícula da forragem é menor que 3 mm.
- c) **Fibra efetiva:** Não é dado.

## 6. OUTROS SISTEMAS (BELGA)

TAMMINGA e HOF (2000) comentaram que recentemente foi desenvolvido um sistema baseado na medida da “proporção crítica de estrutura física” na dieta. Esta proporção crítica é definida como a proporção de forragem na qual os sintomas de deficiências, característicos de depressão da gordura do leite se iniciavam. Há uma unidade (estrutura física) para expressar a exigência e são feitos ajustes com relação ao nível de produção, idade do animal e com a frequência de fornecimento do concentrado. Na tabela abaixo, são mostrados alguns alimentos e seus valores para estrutura física e nota-se que pode haver valores negativos para estrutura física (melaço) devido aos efeitos negativos que este alimento tem sobre a fermentação ruminal por causa da sua rápida degradação.

Tabela 3. Valores para Estrutura Física. (Adaptado de Tamminga e Hof, 2000).

Alimento	Estrutura Física
Palha	4.2
Feno	- 0.214 + 0.0070FDN
Silagem de Milho	- 1.2 + 0.0075FDN
Casca de Soja	0.55
Milho	0.30
Refinazil	0.30
Farelo de Soja	0.13
Trigo	0.00
Melaço	- 0.34

Os autores não citam como se chega ao cálculo dos valores para estrutura física atribuídos aos alimentos.

## 7. INTERAÇÃO ENTRE INGREDIENTES:

### 7.1 Substituição da forragem na dieta por fontes de fibra não forragem:

Vacas leiteiras tem uma exigência mínima de fibra na dieta, que deve ter qualidade e tamanho apropriado para assegurar a maior ingestão de matéria seca (MS), e ótima atividade de mastigação e ruminação, que permitam condições normais de fermentação ruminal ( $\text{pH} > 6,0$ ) e adequada percentagem de gordura no leite.

Fontes de fibra de origem não forragem (FFNF), em geral são os subprodutos e por apresentarem menor custo, vêm sendo amplamente usados como alimentos alternativos em dietas de vacas leiteiras. Podem ser usados como concentrado devido aos altos teores de energia e proteína. A utilização FFNF torna-se uma ferramenta para manter a ingestão de fibra efetiva em dietas onde a utilização de forragem torna-se limitada.

A substituição de fibras de origem de forragem nas dietas de vacas leiteiras por fontes de fibra de outras origens, já nos primeiros estudos, mostrou-se uma estratégia promissora nos sistemas de alimentação. A substituição total da forragem na dieta por casca de soja laminada, apesar da queda na produção de leite em função da diminuição da ingestão, não foi observada alteração no teor de gordura do leite (WARNER, *et al.*, 1965).

Em estudos mais recentes, as proporções de FDN na dieta, de origem de forragem, vem sendo reduzidas devido a substituição por outras fontes de FDN, a valores inferiores a 60%, podendo chegar até 36,9%, sem causar maiores efeitos na ingestão de fibra e na produção de leite corrigida para gordura (FCM). De modo geral os experimentos sumarizados por GRANT (1997) e apresentados na tabela 4, observou-se que na média a substituição por fontes alternativas de fonte apresentaram ingestão de FDN 11,9% a mais e FCM 2,8% maiores que o controle. A ausência de efeitos foi observada quando 60 a 70% do FDN era oriundos de forragens. Porém ao analisar os experimentos onde o FDN da forragem era responsável por 40 a 50% da dieta total, a ingestão de FDN e a produção de leite corrigida para gordura aumentaram 22% e 5,2%, respectivamente a mais que o controle.

Com a necessidade de aumentar a ingestão energética em dietas de vacas de alta produção há aumento do concentrado nas dietas, em detrimento do volumoso, e com isto alterações nos padrões de fermentação ruminal, afetando negativamente os teores de gordura no leite. Com a adição de fontes de fibra de origem não forragem, que tem alta degradação e permite manter a ingestão adequada de fibra efetiva, permite que a produção de acetado mantenha-se em níveis adequados, sem afetar a gordura láctea, além de permitir o fornecimento de níveis adequado de energia na dieta.

TABLE 1. Replacement of dietary forage with nonforage fiber sources (NFFS).

Reference	NFFS <sup>1</sup>	Control diet forage level (% of DM)	Forage type <sup>2</sup>	Forage replacement (% of DM)	NDFR <sup>3</sup>		Change from control		
					Control	Test diet	NDF intake	DMI	FCM
					(%)	(%)	(% of BW)		(kg/d)
(14)	SH	40.6	AS:CS (1:3, wt/wt)	7.0	NR <sup>4</sup>	62.5	2.1	-1.2	-2.3
(40)	SH	43.2	AH:CS (1:1, wt/wt)	4.6 9.1	80.0	70.0 60.0	-2.6	-2.7	-0.8
(10)	SH	50.0	AH:CS (1:4, wt/wt)	12.5 25.0	75.6	57.8 39.6	0	-2.2	-1.7
(46)	SH	52.6	AHL:CS (1:1, wt/wt)	14.1	76.6	51.3	25.6 31.3	9.4 14.7	3.7 <sup>5</sup> 3.8 <sup>6</sup>
(57)	SH	60.0	AS:CS (1:1, wt/wt)	25.0	80.0	45.0	23.7	7.2	5.3 <sup>7</sup>
(58)	SH	60.0	AS:CS (1:1, wt/wt)	25.0	80.0	45.0	26.6	NR	18.3
(55)	WM	50.0	CS	15.0	64.3	50.7	4.9	8.4	6.5
(15)	CGF	48.9	AS:CS (31:69, wt/wt)	20.0	70.0	48.0	5.8	6.9	3.0
(1)	WCS	55.0	AS:CS (45:55, wt/wt)	15.0	82.0	60.0	0.7	2.0	6.3
(6)	WCS DDG	43.6	AHL	12.9 12.7	74.0 74.0	50.9 55.4	6.9 0.7	5.2 6.6	4.5 5.5

<sup>1</sup>SH = Soybean hulls, WM = wheat middlings, CGF = dry corn gluten feed, WCS = whole cottonseed, and DDG = dried distillers grain.

<sup>2</sup>AS = Alfalfa silage, CS = corn silage, AH = alfalfa hay, AHL = alfalfa haylage.

<sup>3</sup>Percentage of dietary NDF from roughage (forage).

<sup>4</sup>Not reported and information cannot be calculated from data presented in reference.

<sup>5</sup>Data for primiparous cows.

<sup>6</sup>Data for multiparous cows.

<sup>7</sup>Data for diet including coarsely chopped alfalfa hay to increase particle size.

GRANT (1997) afirmou que a casca de soja, subproduto utilizado na maioria das dietas da Tabela 4, pode ser adicionada à dieta em proporções variando de 9 a 15%, e mesmo assim atinge a mesma quantidade de FDN da forragem (60%). O autor ainda discorre sobre a carência de estudos dos efeitos níveis de substituição e utilização de outras fontes alternativas de fibra, bem como interações com outros volumosos, além de silagem de milho e alfafa.

Segundo GRANT (1997) a maioria dos trabalhos avaliaram apenas determinados períodos da lactação, de no máximo 10 semanas. Sendo assim quantidades ideais de substituição da forragem por FFNF para toda a lactação ainda não foi determinado. Vacas no início da lactação, até 28 dias, podem não tolerar grandes quantidades de FFNF, devido a maior propensão a desordens metabólicas.

Na figura 2 está esquematizado os passos da tomada de decisão para a utilização de FFNF em substituição da forragem, onde GRANT (1997) se baseou nos dados da Tabela 4, onde o técnico deve levar em consideração o estágio de lactação da vaca, bem como a forma física da forragem (tamanho de partícula).

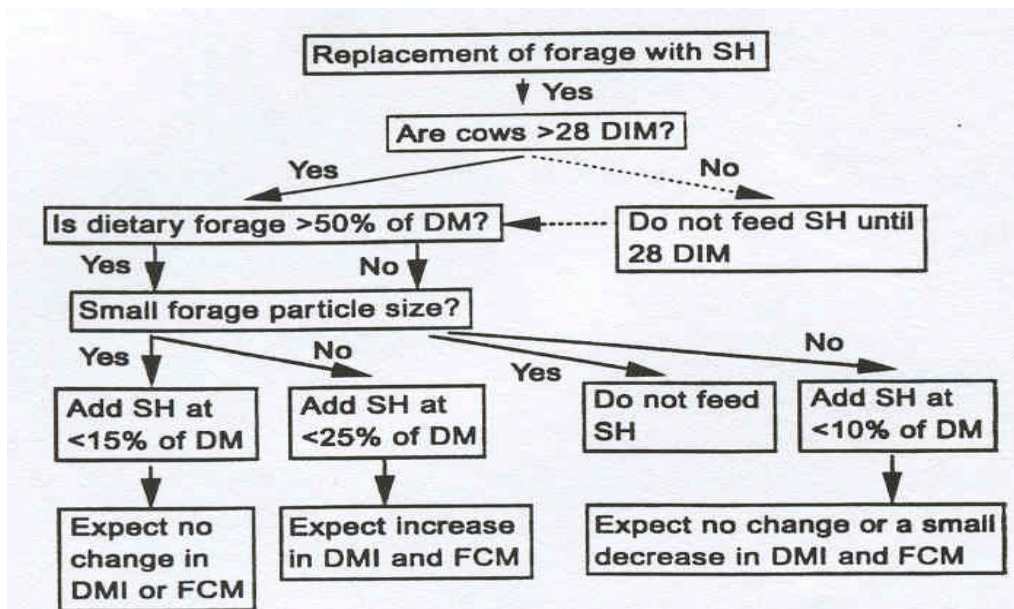


Figure 1. Flow diagram for potential decisions for replacement of dietary forage with soybean hulls (SH). See text for discussion of data, and its limitations, upon which this scheme is based. The dashed line indicates that recommendation is based on lack of data for transition cow, not on evidence of detrimental effects of soybean hulls during the first 28 DIM.

## 8. FFNF, FORRAGEM E EFEITOS NA RETENÇÃO RUMINAL:

Acredita-se que os dois principais fatores que afetam a interação entre a FFNF e fibras de forragens das dietas são a digestão da fibra e a taxa de passagem, sendo este último, talvez o fator mais importante.

A taxa de passagem das partículas no rúmen é talvez um dos principais moderadores da degradação do FDN. FIRKINS (1997) relatou que em dois trabalhos com vacas ingerindo de 24,0 a 27,6 kg/dia, com o concentrado contendo FFNF, apresentaram taxas de passagem variando de 0,076/h, sendo maior que a taxa de passagem de forragens (0,058/h). Porém em outro experimento com vacas leiteiras com a ingestão de matéria seca (IMS) de 15,7kg/dia, a taxa de passagem foi de 0,043 a 0,05/h para FFNF, não sendo muito diferente dos valores observados para forragens (0,037 a 0,046/h). O contraste entre este dois experimentos provavelmente se deve ao fato da diferenças na IMS.

Fontes de fibra de origem não forragem como a casca de soja e casca de soja laminada se caracterizam por apresentarem alta digestibilidade *in vitro* (95% e 97%, respectivamente) e *in situ* após incubação por 30h (96% para casca de soja). Porém as avaliações de digestibilidade *in vivo*, quando fornecidos na forma de dietas total para ovinos, os valores de digestibilidade foram de apenas 57% para casca e 60% para casca laminada. Outros relatos indicam aumento na celulose digestível (60 a 80%) nas fezes de ovinos alimentados com casca de soja laminada; o conteúdo de celulose das dietas com apenas forragem era de 0 a 20%. Esta observações indicam que FFNF apesar se serem altamente digestíveis, possuem uma alta taxa de passagem que limita a máxima digestão do FDN, que por outro lado pode ser potencializada se aumentado a retenção ruminal.

STONE *et al.* (1993) observaram maior ingestão de matéria seca quando a casca de soja substituiu a silagem de alfafa em 14,1%, devido a maior taxa de passagem.

FIRKINS (1997) relatou que com o aumento da taxa de passagem devido ao aumento de FFNF a digestão do FDN passa a ser feita principalmente nos intestinos. O aumento na taxa de passagem ruminal pode resultar em compensação nos intestinos, aumentando o tempo de retenção nos intestinos (Faichney, 1993). Entretanto ainda assim a menor digestibilidade do FDN e FDA em dietas com casca de soja está relacionada com a taxa de passagem ruminal mais elevada.

A interação entre os tipos de forragens e FFNF podem afetar a taxa de passagem, devido a retenção das partículas do subproduto na fase “mat” do rúmen. LOPEZ-

GUIZA e SATTER (1991) apesar de não terem observado efeito significativo, relataram aumento em 8,6% no tempo de retenção ruminal quando associou-se “dried brewers grain” com palhada de milho, em relação a associação com silagem de alfafa.

Na Tabela 5 estão sumarizados resultados de experimentos onde observou-se a que a inclusão de forragens em dietas com elevado FFNF aumentou a digestibilidade da fibra bruta em torno de 32%.

TABLE 2. Fiber digestion coefficients of soybean hulls as influenced by forage addition to diet.

Coproduct	Reference	Animals (no.)	Animal type	Crude fiber digestibility (%)
Soybran flakes fed alone	(24)	8	Sheep, steers	72.8
	(39)	3	Sheep	60.0
	(17)	10	Steers	66.2
	(27)	4	Sheep	72.1
	Weighted $\bar{X}$	25	Sheep and steers	68.5
Soybean hulls fed alone	(24)	8	Sheep, steers	58.7
	(39)	3	Sheep	57.0
	(17)	10	Steers	59.2
	Weighted $\bar{X}$	21	Sheep and steers	58.7
Soybran flakes or hulls fed with hay or silage	(24)	23	Sheep, steers	86.4
	(55)	4	Steers	83.8
	(27)	4	Sheep	89.0
	(34)	17	Lactating dairy cows	80.0 <sup>1</sup>
	Weighted $\bar{X}$	48	Sheep, steers, and cows	84.1

<sup>1</sup>ADF digestibility.

## 8.1 FFNF, FORRAGEM NA DIETA, E CONSISTÊNCIA DA FRAÇÃO "MAT" DO RÚMEN:

As FFNF apresentam tamanho de partícula pequeno, o que facilita o seu maior escape ruminal, diminuindo consequentemente a digestibilidade da fibra. Outra característica determinante é a gravidade específica da partícula, que no caso deste alimentos variam entre 1.4 e 1.5. Segundo revisão de GRANT (1997), partículas de plástico com 1mm e densidade de 1.44 deixam o rúmen 24 vezes mais rápido que as partículas com gravidade específica de 0.92 a 1.03. Como a maioria das FFNF apresentam tamanho de partícula menor que o tamanho mínimo para deixar o rúmen, acredita-se que a gravidade específica seja o fator determinante para explicar a taxa de escape.

A parte dorsal do rúmen contem o maior conteúdo de MS e na sua composição a maior parte é de partículas grandes, que segundo EVANS *et al.* (1973) podem apresentar concentrações elevadas de partículas com tamanho inferior a 1mm em períodos superiores a 24h.

SUTHERLAND (1988), através de filtração e mistura mecânica do conteúdo ruminal fez com que a porção "mat" do rúmen retivesse partícula com alta capacidade de escape, permitindo desta forma maior tempo para digestão.

A consistência "macia" ou "dura" do conteúdo do "mat" ruminal, promove ou retarda o escape das partículas. Em modelo proposto por este mesmo autor, com o aumento da consistência da porção "mat", a probabilidade de escape das partículas diminuiu.

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados de estudo desenvolvido por WEIDNER e GRANT (1994) onde observaram os efeitos da alteração da consistência do "mat" ruminal ao adicionar 20% de feno de alfafa picado grosseiramente, em dietas com silagem (milho e alfafa) sendo substituída em 25% por casca de soja. A dieta do tratamento controle era composta por 59% de silagem de milho e alfafa (1:1, tabela 3). O FDN da forragem das dietas com casca foi de 45%. A adição de feno aumentou o tamanho de partícula, ingestão de FDN, atividade ruminal, pH e relação acetato:propionato, em relação ao tratamento que não recebeu o feno. A consistência do "mat" ruminal medido pelo tempo de ascensão e através do peso, foi maior 2 e 6h após a alimentação.



TABLE 3. Effect of silage replacement by soybean hulls and coarsely chopped hay on ruminal mat consistency, rumination, and passage.<sup>1</sup>

Item	Control	25% Soybean hulls	25% Soybean hulls + 20% hay
NDFR <sup>2</sup>	80	45	45
Dietary particle size, <sup>3</sup> mm	2.76	1.82	2.01
Particles ≥4.75 mm, %	17	9	13
NDF Intake, % of BW	1.11 <sup>b</sup>	1.33 <sup>a</sup>	1.48 <sup>a</sup>
4% FCM, kg/d	30.0 <sup>a</sup>	26.2 <sup>b</sup>	31.0 <sup>a</sup>
Eating, min/kg NDF intake	41.2 <sup>a</sup>	32.8 <sup>b</sup>	29.7 <sup>b</sup>
Ruminating, min/kg NDF intake	63.0 <sup>a</sup>	30.5 <sup>b</sup>	52.5 <sup>ab</sup>
Ruminal pH	6.22 <sup>a</sup>	5.87 <sup>c</sup>	5.96 <sup>b</sup>
Acetate:propionate	3.16 <sup>a</sup>	2.88 <sup>b</sup>	3.38 <sup>a</sup>
Ruminal mat consistency			
Distance traveled in 1 min, cm			
2 h <sup>4</sup>	23 <sup>ab</sup>	28 <sup>a</sup>	18 <sup>b</sup>
6 h	19 <sup>b</sup>	32 <sup>a</sup>	23 <sup>b</sup>
Total ascension time, s			
2 h	285 <sup>b</sup>	255 <sup>b</sup>	450 <sup>a</sup>
6 h	450 <sup>a</sup>	285 <sup>c</sup>	345 <sup>b</sup>
Soybean hull passage rate, /h	0.076	0.057	0.049

<sup>a,b,c</sup>Means within a row with different superscripts differ ( $P < 0.10$ ).

<sup>1</sup>Data from Weidner and Grant (58).

<sup>2</sup>Percentage of dietary NDF from forage.

<sup>3</sup>Arithmetic mean particle size.

<sup>4</sup>Hours after morning feeding; feed was available 24 h daily.

WEIDNER e GRANT (1994) ainda observaram que a taxa de passagem da casca de soja marcada com “ytterbium” tendeu ( $P=0,14$ ) a diminuir (16%) quando adicionou-se feno. Segundo GRANT (1997), os poucos trabalhos até então na literatura poderiam indicar tanto que a o impacto da forragem na dieta na utilização de FFNF não é mediado, em primeira instância, pela alteração na taxa de passagem e digestibilidade, ou pode indicar que as falhas em documentar efeitos significantes da forragem ou tamanho de partícula na diminuição na taxa de passagem do FFNF reflete o uso de técnicas adequadas, ou poucas observações experimentais. O autor ainda relatou que a pouca literatura existente demonstrava aumento na taxa de retenção ruminal do FFNF, com a inclusão de forragem ou aumento no tamanho de partícula, porém nenhum apresentou-se significativo. Forragens de diferentes teores de fibra e tamanho de partícula também alteram fatores como a ingestão de matéria seca, ruminação e pH ruminal, que também devem ser levados em conta quando as interações entre FFNF e forragens são examinadas.

GRANT (1997) propôs um modelo simples (Figura 3 ) de algumas prováveis e importantes interações entre nível de forragem e tamanho de partículas nas concentrações dietéticas de FFNF. O modelo indica que quando níveis elevados de FFNF substitui a forragem, a concentração de forragem na dieta é pequena. Consequentemente o tamanho de partícula deve ser suficiente para estimular a ruminação, e evitar a diminuição do pH, e a captação das menores partículas do alimento. Por outro lado, somando-se ao menor tamanho de partícula, a maioria das fontes FFNF tem maior densidade que as das forragens, desta forma aumentando a taxa de passagem. Ainda com baixos níveis de forragem, os efeitos associativos negativos resultam em menor pH que pode diminuir a digestão de FFNS.

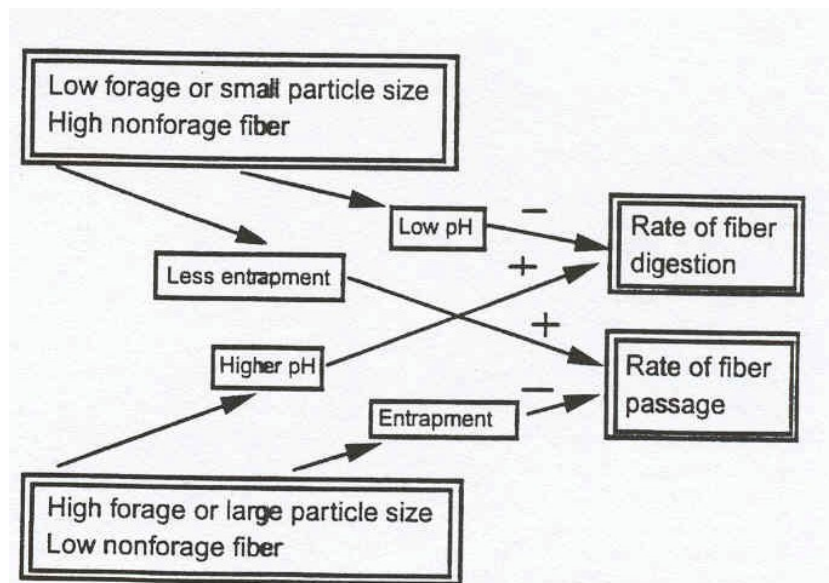


Figure 2. Potential interactions among forage level and particle size and amount of nonforage fiber on rate of ruminal fiber digestion and passage. The model implies that, when high levels of nonforage fiber are fed instead of forage, the amount of dietary forage is necessarily low; therefore, forage particle size must be adequate to stimulate rumination and entrap small feed particles.

As fontes de fibra, de origem de forragem ou não, apresentam diferenças na efetividade em promover a ruminação por causa da diferença na distribuição nos tamanhos de partícula e retenção ruminal da fibra. Desta forma dietas em que a fibra da forragem seja substituída por fontes FFNF, o tamanho da partícula da forragem remanescente e a concentração de FDN deve ser suficiente para estimular a ruminação.

Dietas com grandes quantidades de FFNF apresentam uma fibra altamente fermentecível que passa pelo rúmen rapidamente, diminuindo a digestão de FDN, pois menos FDN é retido no rúmen. O balanceamento de dietas com associação de fibras de

forragens ou não, devem ser manejadas para adequar o balanço entre fibra efetiva e carboidratos não estruturais.

## **9. POSSÍVEIS MECANISMOS ENVOLVIDOS NA REDUÇÃO DA DIGESTÃO DA FIBRA POR ADIÇÃO DE FONTES DE CARBOIDRATOS NÃO-ESTRUTURAS À DIETA**

Com o aumento do potencial genético dos animais, a adição de fontes de carboidratos não-estruturais (Ex.: grãos de cereais) se tornou uma prática adotada por nutricionistas para aumentar a energia digestível da dieta, de forma a atender às elevadas exigências produtivas.

Entretanto, alguns trabalhos demonstraram que a digestão da fibra é reduzida quando se aumenta a concentração de carboidratos altamente fermentescíveis nas dietas (Hoover, 1986).

Segundo Mertens e Loften (1980), existem quatro hipóteses para explicar a diminuição da digestibilidade da fibra pela adição de amido às dietas volumosas. São elas: 1) aumento da lag time ; 2) diminuição da taxa de digestão; 3) diminuição da extensão potencial de digestão e 4) uma combinação das três primeiras hipóteses. O mecanismo exato que explica a redução da digestibilidade da fibra não é ainda bem compreendido, mas os resultados de diversos experimentos apontam para algumas propostas.

Segundo Mould et al. (1983), estes efeitos podem ser diretos (efeito do pH) ou indiretos (efeito do carboidrato).

O baixo pH ruminal, resultante da grande produção de ácidos graxos voláteis pela fermentação dos carboidratos não-estruturais, parece explicar a menor digestão da fibra em alguns trabalhos (Hiltner e Dehotity, 1983; Mould e Orskov, 1983). Segundo alguns autores, as bactérias celulolíticas ou a atividade das enzimas fibrolíticas são severamente afetadas quando o pH decresce para valores próximos a 6,0 (Nozière et al., 1996). Entretanto, outros fatores parecem estar envolvidos, pois redução da digestibilidade da fibra foi observada em resposta à adição de carboidratos altamente fermentescíveis em trabalhos onde o pH foi mantido em torno de 6,7 (Hino e Hamano, 1993). Estes autores encontraram que a depressão da digestão da celulose não foi consequência de uma redução do número de bactérias celulolíticas, mas provavelmente resultou de uma supressão da atividade fibrolítica das bactérias celulolíticas. Esta

proposta parece coerente com a idéia de que bactérias fibrolíticas podem utilizar preferencialmente o amido (efeito indireto) quando este se encontra disponível (Mertens, 1977). Isto parece justificar também os aumentos da lag time da digestão da fibra *in vitro* observado por Mertens e Loften (1980) quando adicionaram níveis crescentes de amido (0, 40, 60 e 80 %). Entretanto, estes autores ressalvam que dificilmente a pequena mudança observada na lag time possa ser responsável pela extensa depressão da digestão da fibra observada em experimentos *in vivo*, onde outros efeitos como redução na taxa de digestão da fibra parecem ser mais relevantes (Khalili e Huhtanen, 1991).

#### **10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- ARMENTANO, L., PEREIRA, M. 1997. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. *J. Dairy Science*, v. 80, p.1416-1425.
- EVANS, E. W., PEARCE, G. R., BURNETT, J., PILLINGER, S.L. 1973. Changes in some physical characteristics of the digesta in the reticulo-rumen of cows fed once a day. *Br. J. Nutr.* v.29, p.357.
- FAICHNEY, G. J. 1993. Digesta Flow. *In: FORBES, J. M. e FRANCE, J. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism.* cap. 3, p. 53.
- FIRKINS, J. F. 1997. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of digestion. *J. Dairy Science.* v. 80, p.1426-1437.
- GRANT, R.J. 1997. Interactions among forages and non forages fiber sources. *J. Dairy Science.* v. 80, p.1438.
- HILTNER, P.; DEHORITY, B.A. Effect of soluble carbohydrates on digestion of cellulose by pure cultures of rumen bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.46, p.642,1983
- HINO, T. ; HAMANO, S. Effect of readily fermentable carbohydrate on fiber digestion by rumen microbes in continuous culture. *Animal Science and Technology*, v.64, n.11, p.1070-1078, 1993.
- HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Dairy Sci.*, v.69, p.2755, 1986.
- KHALILI, H.; HUHTANEN, P. Sucrose supplements in cattle given grass silage-based diet. 2. Digestion of cell wall carbohydrates. *Anim. Feed. Sci. and Technology*, v.33, p.263-273, 1991.
- LOPEZ-GUIZA , J.M e SATTER, L. D. 1991. Effect of forage source on retention of digesta markers applied to corn gluten meal and brewers grains for heifers. *J. Dairy Science.* v. 74, p.4297.
- MERTENS, D.R. 1997. Creating a System for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Science*, v. 80, p.1463-1481.

- MERTENS, D.R. Dietary fibre components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. *Fed. Proc.*, v.36, p.187-192, 1977.
- MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. *J. Dairy Sci.*, v.63, p.1437-1446, 1980.
- MOULD, F.L.; ORSKOV, E.R. Manipulation of rumen fluid pH and its influence on cellulolysis in sacco, dry matter degradation and the rumen microflora of sheep offered either hay or concentrate. *Anim. Feed Sci. and Tech.*, v.10., p.01, 1983.
- MOULD, F.L.; ORSKOV, E.R.; MANN, S.O. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.10, p.15, 1983.
- NUTRIENT REQUIREMENTS OF BEEF CATTLE 1996. National Academy Press, Washington, D.C., Chapter 7. Feed Intake, p. 85-95.
- NUTRIENT REQUIREMENTS OF DAIRY CATTLE 2001. National Academy Press, Washington, D.C., Chapter 4. Carbohydrates, p.34-42.
- STONE, W. C., CHASE, L. E., PELL, A. N., GROHN, Y. T. 1993. The effectiveness of soybean hulls as forage or concentrate replacement in early lactation Holstein dairy cows. *J. Dairy Science.* v. 76, (suppl. 1) p.211 (Abstr).
- SUTHERLAND, T.M. 1988. Particle separation in forestomachs of sheep. p.43 *in* Aspects of digestive physiology in ruminants. Ed: Dobson, A. e Dobson, M.J. Ithaca, NY.
- WARNER, D. G., LOOSLI, J.K., HINTZ, H.F., WARNER, R.G. 1965. Value of soybean flakes for milk production. *J. Dairy Science.* v. 48, p.553.
- WEIDNER, S. J. E GRANT, P.J. 1994. Altered ruminal mat consistency by high percentages of soybean hulls fed to lactating dairy cows. *J. Dairy Science.* v. 77, p.513.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.