



PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.

Disponível em: <<http://www.pubvet.com.br/texto.php?id=432>>.

Efetividade da fibra na nutrição de ruminantes¹

Tadeu Silva de Oliveira², Édina de Fátima Aguiar³, Gustavo Chamon de Castro Menezes⁴, Maria Angélica Chamon de Menezes⁵

¹ Revisão de Literatura

² Zootecnista, Mestrando em Nutrição e Produção de Ruminantes/UFV/Bolsista CNPq

³ Zootecnista, Mestrando em Nutrição e Produção de Monogástrico, UFVJM, Bolsista CAPES

⁴ Zootecnista, Mestrando em Nutrição e Produção de Ruminantes, UFV, Bolsista CAPES

⁵ Estudante de Zootecnia/UFV/Bolsista EPAMIG

Resumo

A produção de bovinos no Brasil se baseia na utilização de pasto, cujos recursos nutricionais são responsáveis pelo suprimento de grande parte das exigências de manutenção e produção dos animais. A elevada taxa de crescimento das plantas forrageiras de clima tropical durante o período chuvoso acelera o processo de maturação, induzindo altos níveis de constituintes da parede celular. Os ruminantes possuem adaptações digestivas e metabólicas, a principal adaptação anatômica consiste na câmara de fermentação ruminal, onde os microorganismos ruminais atuam degradando os

carboidratos fibrosos (e outros carboidratos presentes nos volumosos) em energia para seu próprio crescimento, gerando produtos que serão utilizados na síntese da proteína microbiana e precursores da glicose sanguínea, proteína e lipídios no organismo hospedeiro. Quando uma quantidade alta de fibra é incluída na dieta, a densidade energética diminui, o consumo e a produtividade podem ser reduzidos. Quando uma quantidade baixa de fibra entra na ração uma variedade de sintomas podem ocorrer devido a alterações no processo fermentativo ruminal. Algumas situações indicam que a falta de fibra efetiva é a causa da acidose e de baixo teor de gordura do leite. A FDN efetiva está relacionada com a habilidade total de um alimento manter a percentagem da gordura no leite. A FDN fisicamente efetiva está relacionada com as propriedades físicas da fibra (principalmente o tamanho da partícula) que estimula a atividade de mastigação e estabelece uma estratificação bifásica dos conteúdos ruminais. Com isso, conclui-se que a determinação da efetividade física dos alimentos é de fundamental importância na nutrição de ruminantes de alta produtividade, quando se trabalha próximo aos limites fisiológicos do animal.

Effectiveness of the fiber in the nutrition of ruminant

Abstract

The production of bovine in Brazil bases on the pasture use, whose resources nutritious is responsible for the supply of great part of the maintain demands and production of the animals. The high rate of growth of the plants forage of tropical climate during the rainy period accelerates the maturation process, inducing representatives' of the cellular wall high levels. The ruminant ones possess digestive and metabolic adaptations, to main anatomical adaptation it consists of the camera of fermentation ruminal, where the microorganisms ruminate they act degrading the fibrous carbohydrates (and other present carbohydrates in the voluminous ones) in energy for your own growth, generating products that will be used in the synthesis of the protein microbial

and precursory of the sanguine glucose, protein and lipids in the organism host. When a high amount of fiber is included in the diet, the energy density decreases, the consumption and the productivity can be reduced. When a low amount of fiber enters in the ration a variety of symptoms they can happen due to alterations in the process fermentation ruminal. Some situations indicate that the lack of effective fiber is the cause of the acidosis and of low tenor of fat of the milk. Effective NDF is related with the total ability of a food to maintain the percentage of the fat in the milk. NDF physically executes it is related with the physical properties of the fiber (mainly the size of the particle) that stimulates the mastication activity and it establishes a two-phase bedding of the contents you ruminate. With that, it is ended that the determination of the physical effectiveness of the victuals is of fundamental importance in the nutrition of ruminant of high productivity, when he/she works her close to the physiologic limits of the animal.

Introdução

A produção de bovinos no Brasil se baseia na utilização de pasto, cujos recursos nutricionais são responsáveis pelo suprimento de grande parte das exigências de manutença e produção dos animais.

As regiões de clima tropical são caracterizadas pela distribuição desuniforme das chuvas, resultando em acentuada defasagem na oferta de forragem nas pastagens durante os períodos de precipitação escassa. Desta forma, os fatores climáticos são responsáveis pela baixa disponibilidade qualitativa e quantitativa de forragem no período seco, com conseqüente diminuição no desempenho dos animais manejados em pastagens. Por outro lado, a elevada taxa de crescimento das plantas forrageiras de clima tropical durante o período chuvoso acelera o processo de maturação, induzindo altos níveis de constituintes da parede celular.

Os ruminantes possuem adaptações digestivas e metabólicas que lhes permitem utilizar de forma eficiente o estoque potencial de energia contido nos

alimentos fibrosos, principalmente na forma de celulose. A principal adaptação anatômica consiste na câmara de fermentação ruminal, onde os microorganismos ruminais atuam degradando os carboidratos fibrosos (e outros carboidratos presentes nos volumosos) em energia para seu próprio crescimento, gerando produtos que serão utilizados na síntese da proteína microbiana e precursores da glicose sanguínea, proteína e lipídios no organismo hospedeiro.

Neste contexto, é importante conhecer não só a quantidade necessária, mas também a efetividade da fibra dos diferentes alimentos. A fibra em detergente neutro (FDN) é uma mensuração química, que não leva em conta as características físicas da fibra, sobretudo tamanho de partícula e densidade (Mertens, 1997). Mensuração do tempo de ruminação, manutenção do teor de gordura do leite (GL) e padronizações baseadas no tamanho de partícula têm sido utilizadas para caracterizar a efetividade da fibra dos alimentos para que estes possam atender os requisitos na formulação das rações.

Definição de fibra:

Componente estrutural das plantas, que é a parede celular, e a fração menos digerível do alimento, ou seja, aquela que não é digerida por enzimas de mamíferos, além de ser componente essencial para estimular a mastigação e ruminação (WEISS, 1999).

Quimicamente a fibra é um agregado de compostos no qual a sua composição química é dependente de sua fonte e da forma como é medida (MERTENS, 2001). Portanto, o método para a obtenção da fibra deve estar de acordo com os princípios biológicos ou com sua utilidade empírica.

Efetividade da fibra sobre a fisiologia animal

O papel da fibra na regulação do consumo não tem sido bem aceito. Isto ocorre devido à falta de conhecimento da complexidade e interações de

compensação que ocorrem ao se determinar o consumo de um determinado grupo de animais alimentados com uma dieta específica. Mertens (1997) ressalta quando uma quantidade alta de fibra é incluída na dieta, a densidade energética diminui, o consumo e a produtividade podem ser reduzidos. Quando uma quantidade baixa de fibra entra na ração uma variedade de sintomas podem ocorrer devido a alterações no processo fermentativo ruminal.

Quando menos forragem e fibra são incluídas na ração, o animal responde de uma maneira que diminui o pH ruminal e altera a fermentação ruminal. Quando a fibra é reduzida ao mínimo (<10%FDN) e existem mudanças abruptas na dieta (provenientes do manejo do animal ou respostas ao estresse) pode ocorrer uma acidose láctica aguda resultando em uma laminite e talvez até a morte. No entanto uma acidose sub-aguda prolongada está sempre relacionada à problemas de saúde incluindo abscessos no rúmen e no fígado e possibilidade de deslocamento de abomaso. Devido essas doenças serem raras, elas podem ser diagnosticadas facilmente utilizando-se de ações corretivas. As respostas digestivas e metabólicas dos bovinos associadas com um limite perto da acidose são muito mais difíceis de serem detectas.

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

Assim, tanto o teor quanto a efetividade da fibra podem influenciar o padrão de fermentação ruminal e o metabolismo animal. O teor de fibra afeta o padrão de fermentação ruminal por ser a fibra fonte de carboidratos de degradação mais lenta, o que acarreta uma menor taxa de produção dos ácidos graxos voláteis (AGVs) e conseqüentemente, uma menor queda no pH. Além disso, as rotas de degradação dos carboidratos fibrosos no rúmen levam

a uma maior concentração molar de acetato e menor proliferação das bactérias produtoras de ácido láctico no rúmen, o que favorece a manutenção do pH local. A efetividade da fibra dietética se relaciona com a capacidade desta em influenciar a atividade mastigatória e em conseguir manter uma percentagem adequada de GL. Mertens (1997) definiu a atividade mastigatória como a soma do tempo gasto com a alimentação e com a ruminação, que na realidade refletem as características químicas e físicas dos alimentos (FDN, tamanho de partícula, fragilidade da parede celular e umidade). A atividade mastigatória relaciona-se também com o tipo de animal, tamanho e idade do mesmo, ingestão de matéria seca (MS) e com a técnica de medição adotada.

Efetividade da fibra

Algumas situações indicam que a falta de fibra efetiva é a causa da acidose e de baixo teor de gordura do leite (GL). A observação de que a fermentação ruminal é alterada e a GL deprimida quando a forragem da dieta é finamente picada, sem alterações na relação V:C e no teor de CNF, indicam que a efetividade da fibra, mais do que a substituição da FDN por CNF, é causa primária de problemas em dietas com baixo teor de fibra (Mertens, 1997). Quanto maior for a efetividade da fonte de fibra mais CNF poderá ser incluído na dieta sem comprometimento do metabolismo ruminal.

O sistema CNCPS ("Cornell Net Carbohydrate and Protein System") de bovinos adota a denominação FDN efetiva (FDNe) como o teor de fibra necessário para estimular a ruminação, o fluxo salivar, o tamponamento ruminal, a saúde da parede do ruminal e prevenir a queda na GL. Neste sistema, a determinação da FDNe é baseada primariamente no tamanho de partícula e os valores de efetividade utilizados como um dos fatores que influenciam a taxa de passagem dos alimentos (Sniffen et al., 1992), o pH ruminal e a produção de proteína microbiana.

Tradicionalmente, FDNe refere-se à habilidade da fibra em manter a produção de GL e a saúde animal. É relacionada com a capacidade de um

alimento em substituir a forragem da dieta sem que ocorra a redução da GL. O valor de FDNe é obtido pela multiplicação do fator de efetividade (fe) pelo teor de FDN dos alimentos, classificados pelo tamanho de partícula e pelo teor de parede celular, volume e grau de hidratação (Tab.1) (Sniffen et al., 1992). O fe pode variar de 0 (quando o alimento não tem habilidade em manter a GL) a 1 (quando mantém a GL).

Tab.1 – Teores de Fibra em detergente neutro efetiva (FDNe) de alguns alimentos rotineiramente utilizados na alimentação de ruminantes

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

Fonte: Adaptado do CNCPS (dados não publicados); ¹FDNe (%MS) = %FDN (MS) x FDNe (%FDN); ²Valor elevado devido ao alto teor de lignina (20% MS).

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

A FDNfe é relacionada às características físicas da fibra (primariamente o tamanho de partícula) que influenciam a atividade mastigatória e a natureza bifásica do conteúdo ruminal (o "MAT" flutuante constituído de grandes partículas e um "pool" de líquidos e pequenas partículas) (Mertens, 1997). A FDNfe é o produto entre o conteúdo de FDN e um fator de efetividade física (fef). O fef varia entre 0 (não estimula a atividade mastigatória) e 1 (100% de efetividade) e corresponde à proporção de partículas (% MS) retidas em uma peneira de 1,18 mm. Foi adotado como padrão o feno de gramínea longo que promoveu o tempo médio de 150 minutos (min) de mastigação por kg de FDN, valor obtido através de análise de regressão de dados de experimentos com vacas, nos quais foi avaliada a atividade mastigatória. O fef, de cada alimento e forma física, foi estimado pela divisão do tempo total de atividade mastigatória por 150 min. Como a principal resposta animal à FDNfe é a atividade mastigatória, as variações devido ao animal e a diferenças experimentais são minimizadas porque o fef é obtido através de uma equação em que o efeito animal no numerador e denominador se anulam ($fef = [\text{min de mastigação/kg de FDN no alimento teste}] / [\text{min de mastigação/kg de FDN do padrão}]$) (Mertens, 2002). Alguns fef padrões para alimentos rotineiramente utilizados na nutrição de ruminantes são mostrados na Tab.2.

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

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

Fonte: Adaptado de Mertens (1997).

Neste contexto, a FDN efetiva está relacionada com a habilidade total de um alimento manter a percentagem da gordura no leite. A FDN fisicamente efetiva está relacionada com as propriedades físicas da fibra (principalmente o tamanho da partícula) que estimula a atividade de mastigação e estabelece uma estratificação bifásica dos conteúdos ruminais (uma camada flutuante de grandes partículas em uma piscina líquida com pequenas partículas). A FDN

fisicamente efetiva vai sempre ser menor que a FDN, no entanto a FDN efetiva pode ser menor ou maior que a concentração de FDN em um alimento (FIGURA 1).

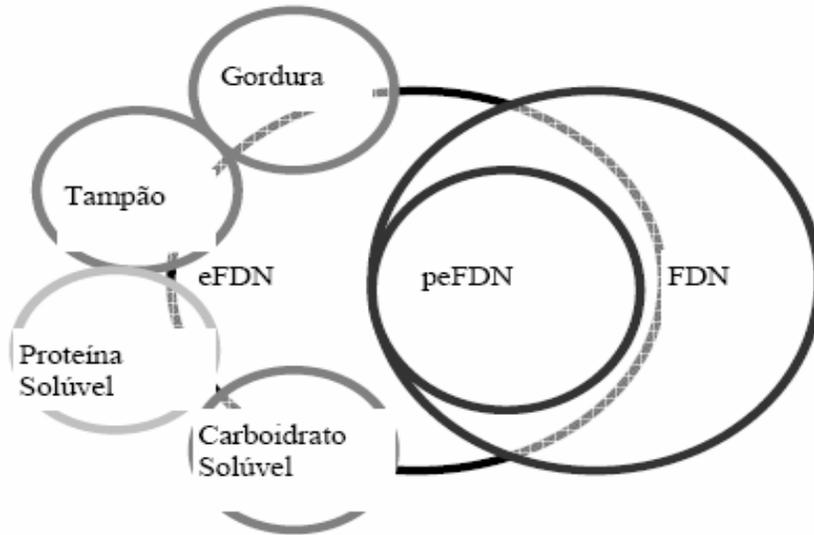


Figura 1. Ilustração das relações entre FDN, FDN fisicamente efetivo, e FDN efetivo (MERTENS, 2001).

Exigências nutricionais de bovinos de corte (NRC, 1996).

O NRC (1996) para gado de corte adota o conceito de FDNe com a preocupação de manter um adequado ambiente ruminal para maximizar a síntese de proteína microbiana, o que afeta diretamente o desempenho animal. O sistema recomenda cuidados para fatores adicionais, além da FDNe, que afetam o pH ruminal, como consumo e taxa de digestão de grãos, processamento dos grãos, uso de ionóforos (inibem o crescimento de *Streptococcus bovis*, bactéria ruminal produtora de ácido lático) e fornecimento de alimentos altamente digestíveis contendo pectina que não afetam o pH ruminal como os grãos. As recomendações são semelhantes às do CNCPS (Tab.3)

Tab.3 – Exigência estimada de fibra em detergente neutro efetiva (FDNe % MS) na dieta de bovinos de corte

Tipo de dieta	FDN e
TMR alto concentrado p/maximizar ganho, Bom manejo de cocho e uso de ionóforos	5 – 8
Manejo de cocho variável ou sem uso de Ionóforos	20
Alto concentrado para maximizar o uso de CNF e a síntese de Pmic	20

Fonte: Adaptado NRC (1996); CNF = carboidratos não fibrosos; Pmic = proteína microbiana.

Podemos verificar que as recomendações dependem principalmente dos objetivos almejados, do manejo alimentar adotado e dos ingredientes utilizados.

Exigências nutricionais de gado de leite (NRC, 2001).

De acordo com o NRC (2001), de gado de leite, a quantidade máxima de FDN que pode ser incluída em uma dieta é função dos requerimentos de energia líquida para lactação (NE_L) da vaca e da quantidade mínima necessária de CNF para um adequado funcionamento ruminal. A quantidade mínima necessária é baseada na manutenção da saúde ruminal e animal. O comitê recomenda para vacas alimentadas com dietas à base de silagem de milho ou alfafa como fonte volumosa e grão de milho como principal fonte de amido um

mínimo de 25% de FDN (%MS da dieta) na dieta, com a condição de que 19% da FDN (%MS da dieta) seja oriunda da forragem (cerca de 75% do FDN total) conforme pode ser visualizado na Tab.4. Verifica-se que não foram adotadas as exigências em termos de FDN_e e FDN_{fe} por razões que serão discutidas na seqüência. Considera como tamanho de partícula das forragens, crítico para estimular a atividade mastigatória, 3 mm.

Verifica-se que as recomendações são semelhantes às de Allen (1995) e Mertens (1997). Para cada 1 unidade percentual que diminui na FDN de forragem (%MS) abaixo de 19%, a recomendação de FDN total foi aumentada em 2 unidades percentuais e a de CNF total reduzida na mesma proporção. Isto acontece porque o comitê admitiu que a efetividade da FDN de FFNF seria de 50% da efetividade da FDN de forragem. A exceção é o caroço de algodão, que teria uma efetividade superior.

Tab.4 – Recomendações de concentrações mínimas (%MS) de fibra em detergente neutro (FDN) total e de forragem, de fibra em detergente ácido (FDA) total e de concentrações máximas de carboidratos não fibrosos (CNF) na dieta de vacas lactantes¹

FDN TOTAL	FDN FORRAGE M	FDA TOTAL	CNF TOTAL
25	19	17	44
27	18	18	42
29	17	19	40
31	16	20	38
33	15	21	36

Fonte: Adaptado NRC (2001);¹recomendações para vacas lactantes consumindo ração mistura total (TMR), com adequado tamanho de partícula e grão de milho como fonte principal de amido.

Quando a recomendação mínima de FDN total aumenta a quantidade necessária de FDN de forragem cai. O teor de FDN na dieta precisa ser aumentado quando o volumoso é finamente picado, mas por falta de dados não foi estabelecida uma relação. Se a dieta for formulada baseada no mínimo recomendado é importante ter a composição atual dos alimentos e não utilizar dados tabelados. Dietas em que a forragem tenha sido finamente picada, contendo amido de degradabilidade ruminal superior ao do milho, menos de 19% de FDN de forragem ou que não sejam fornecidas como mistura total (TMR), precisam ter valores mais elevados de FDN. A principal observação nestas recomendações é a estreita relação que o comitê assume entre o teor de FDN (total e de forragem) e o de CNF.

Ajustes nas recomendações:

- Utilização de fontes de amido de degradabilidade superior ao amido do milho grão, por ex., grãos submetidos a tratamento com vapor e floculação: recomenda-se > 25% de FDN e < 44% de CNF na MS da dieta.
- O teor de FDN da dieta precisa ser aumentado quando o tamanho de partícula médio é inferior a 3 mm.
- Quando se utilizarem tampões na dieta o teor de FDN pode ser reduzido
- Animais recebendo o concentrado separadamente do volumoso provavelmente apresentam uma exigência maior de FDN, porém o valor é desconhecido. Não se sabe se o aumento no teor de FDN conseguiria evitar as quedas bruscas de pH, que ocorrem após o oferecimento de grandes quantidades de concentrado.
- Os requisitos de vacas em pastejo, recebendo concentrado duas vezes por dia, ainda não foi determinado. Alguns dados têm sugerido que seria adequada a inclusão de tamponantes no concentrado destes animais.

O termo FDNe é questionado por ser a exigência determinada apenas a partir da variável GL, que é influenciada não só pela atividade mastigatória, pela salivação e tamponamento ruminal, mas também por fatores metabólicos, pela composição do alimento e pelo "status" fisiológico do animal. Em relação ao sistema de FDNfe (Mertens, 1997), o comitê considerou existirem poucas informações, o que comprometeria a acurácia do método, porém assume a importância de se padronizarem medições quantitativas de tamanho de partícula, complementando as informações qualitativas (ex. grosseiramente picado) e aumentando a confiabilidade para se atender as exigências de fibra.

Conclusões

A determinação da efetividade física dos alimentos é de fundamental importância na nutrição de ruminantes de alta produtividade, quando se trabalha próximo aos limites fisiológicos do animal, sendo um refinamento das boas práticas de manejo e alimentação que geralmente precisam ser adotadas nestas situações.

Referência Bibliográficas:

ALLEN, M.S. Fiber requirements: finding an optimum can be confusing. **Feedstuffs**. V.67, n.19, p.13-16, 1995.

CORNELL NET CARBOHYDRATE AND PROTEIN SYSTEM FOR SHEEP. Disponível em: www.cncps.cornell.edu/

KRAUSE, K.M.; OETZEL, G.R. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: a review. **Anim. Feed Sci. Tech.** v.126, p.215-236, 2006.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **J. Dairy Sci.** v.80, p.1463-1481, 1997.

MERTENS, D.R. Measuring fiber and its effectiveness in ruminant diets. 2002. Disponível em: www.cncps.cornell.edu/

Oliveira, T.S., Aguiar, E.F., Menezes, G.C.C. et al. Efetividade da fibra na nutrição de ruminantes. PUBVET, Londrina, V. 2, N. 44, Art#432, Nov1, 2008.

MERTENS, D.R. Physical effective NDF and its use in formulating dairy rations. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOS DE LEITE, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras:UFLA-FAEPE, p.25-36, 2001.

NUTRIENT requirements of beef cattle. 7ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 1996. 242p.

NUTRIENT requirements of dairy cattle. 7.ed. Washington, D.C.: National Academic, 2001. 381p.

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

WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61., 1999, **Proceedings...**, Ithaca: Cornell University, 1999. p. 176-185.