



<http://dx.doi.org/>

<http://www.higieneanimal.ufc.br>

Artigo Científico

Medicina Veterinária

Alimentos processados para bovinos: Riscos relacionados aos teores de fibra

Processed feed for cattle: Risks related to fiber contents

Rafael Kill Silveira¹, Ubiara Henrique Gomes Teixeira², Adriano Pereira da Silveira³

Resumo: No processo de seleção natural e evolução dos ruminantes sua dieta era composta em sua totalidade por alimentos volumosos contendo baixo valor nutritivo com elevado teor de FDN. E devido ao hábito pastejador de baixa seletividade e suas adaptações fisiológicas o bovino se tornou dentre os ruminantes domésticos, o mais eficiente na utilização de alimentos com elevado teor de FDN, e conseqüentemente o mais exigente quanto a esse tipo de dieta. A concentração de FDN é inversamente proporcional ao teor de energia da dieta, por isso vários profissionais tem diminuído drasticamente o teor de FDN para aumentar o teor energético na busca por melhor desempenho dos animais, no entanto, isto pode ocasionar efeito contrário. Na formulação de dietas para bovinos deve-se garantir as exigências em fibra, e ao contrário do que se parece não é tarefa tão simples devido a influencia de vários fatores químicos e físicos inerentes aos vários tipos de alimentos utilizados para esses animais. Sendo que o limite mínimo de fibra fisicamente efetiva recomendado é de 21%.

Palavras-chave: Eficiência alimentar, formulação de dietas, pH ruminal

Abstract: In the process of natural selection and evolution of ruminants their diet was composed in its entirety by bulky foods containing low nutritive value with high NDF content. And because of the low selectivity gassing habit and its physiological adaptations, bovine has become one of the most efficient domestic ruminants in the use of foods with high NDF content and consequently the most demanding of this type of diet. The concentration of NDF is inversely proportional to the energy content of the diet, so several professionals have drastically reduced the NDF content to increase the energy content in the search for better performance of the animals, however, this may cause the opposite effect. In formulating diets for cattle, fiber requirements must be guaranteed, and contrary to what is not a simple task due to the influence of various chemical and physical factors inherent in the various types of feed used for these animals. The recommended minimum physically effective fiber limit is 21%.

Keywords: Diet formulation, dietary efficacy, ruminal pH

Autor para correspondência. E-mail: killsilveira.r@gmail.com

1Graduação em Zootecnia pela Universidade do Estado de Mato Grosso- UNEMAT; Mestre em Zootecnia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro- UFRRJ e Doutorando em ciências ambientais pela UNEMAT.

Vinculação institucional: Doutorando do Programa de Pós-Graduação de Ciências Ambientais da Universidade do Estado de Mato Grosso

Endereço Profissional: Rua André Péres, no 2378, Bairro: Centro, Glória D' oeste-MT, CEP: 78293-000.

E-mail: killsilveira.r@gmail.com

Nome: Ubiara Henrique Gomes Teixeira

Formação: Zootecnista

2 Graduado em Zootecnia pela Universidade do Estado de Mato Grosso-

UNEMAT; Mestre em Zootecnia pela Universidade Federal de Mato Grosso UFMT e Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPZ), na Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Nome: Adriano Pereira da Silveira

Formação: Zootecnista

3 Graduação em Zootecnia pela Universidade do Estado de Mato Grosso -

UNEMAT, Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal da Grande Dourados- UFGD

Introdução

No processo de seleção natural e evolução dos ruminantes sua dieta era composta em sua totalidade por alimentos volumosos contendo baixo valor nutritivo com elevado teor de FDN (Hofmann, 1988). No processo evolutivo devido ao hábito pastor de baixa seletividade e suas adaptações fisiológicas o bovino se tornou entre os ruminantes domésticos, o mais eficiente na utilização de alimentos com elevado teor de FDN, e conseqüentemente o mais exigente quanto a esse tipo de dieta.

Sendo assim o volumoso é de grande importância devido a suas propriedades de estimulação da salivação e manutenção do pH ruminal favorecendo o estabelecimento dos microrganismos ruminais que favorecem a alta eficiência na utilização das dietas. Um ponto importante a ser observado é o tamanho das partículas de volumoso, devendo não ser observado

somente a composição química da dieta, mas também a composição física que estimule esses mecanismos fisiológicos.

De acordo com Malafaia; et al. (2011), a deficiência de fibra fisicamente efetiva nas dietas de ruminantes pode causar sérios distúrbios fisiológicos e/ou comportamentais e conseqüentemente queda na produção desses animais, principalmente quando a fonte de fibra é proveniente de volumoso de natureza ácida (p.ex. silagens). Sendo este tipo de volumoso comumente encontrado em dietas de bovinos criados no sistema de confinamento. De acordo com Grant, (1997) a efetividade da fibra pode ser definida como a forma física da fibra necessária para estimular a mastigação e/ou manter o teor de gordura do leite.

De acordo com Mertens, (1992) e Resende et al, (1995) observaram que a fibra em detergente neutro (FDN) como sendo mais eficiente na estimação do

consumo dos alimentos pelos ruminantes que a fibra bruta (FB) ou fibra em detergente ácido (FDA).

Para ruminantes a fibra é a principal fonte de energia, sendo esta derivada de polissacarídeos presentes na parede celular das forragens (principalmente celulose, hemicelulose e pectina), e de grande utilização devido seu relativo baixo custo. Nesse contexto o objetivo dessa revisão é apresentar informações referentes à importância e exigências de fibras para bovinos que ingerem alimentos processados.

Características químicas e físicas da fibra

A denominação de fibra é em geral aplicada a um tipo de matéria composta por hidrogênio e carbono, assim sendo esta não é uma substância química específica, os compostos constituídos por essa fração são organizados para formar as paredes celulares dos vegetais especialmente a celulose, a hemicelulose e a lignina.

A fibra é composta por substâncias parcialmente digeríveis ou totalmente indigeríveis, insolúveis preenchendo o trato gastrointestinal dos animais (Van Soest, 1994; Mertens, 1996). Sendo esta importante por conter a porção orgânica do

alimento mais resistente às ações digestivas do trato gastrointestinal.

A fração fibrosa é definida como sendo o componente estrutural das plantas, mais especificamente a parede celular vegetal, esta por sua vez não é digerida por enzimas provenientes dos herbívoros, sendo esta a porção menos digerível do alimento (Kozloski, 2009). A característica química da fibra refere-se ao teor de fibra em detergente neutro (FDN), realizada por meio de solução detergente neutro, e o uso de sulfito e da amilase (Van Soest, 1991).

O teor de FDN de uma dieta nos fornece uma base para sabermos o percentual de fibra encontrado nessa dieta, no entanto esse teor é uma unidade relativa, pois isto não é suficiente para prever diferentes desempenhos em um animal, pois não leva em consideração o quanto esse alimento estimulará a atividade ruminal e a manutenção do ambiente ótimo para o desenvolvimento adequado da microbiota ruminal. Nesse contexto a porção física da fibra (tamanho e densidade das partículas) é de suma importância para que se possa ter eficiência na utilização dos alimentos pelos ruminantes (Berchielli, et al. 2010).

De acordo com Mertens, (1997) os conceitos de FDN fisicamente efetiva são relativamente recentes, e vêm se buscando tentar incorporar esse conceito para bovinos. Entretanto isso não ocorreu ainda devido a falta de um método padrão e validado para comprovar a efetividade da fibra. Além de que o NRC (2001) também resalta que são necessárias mais pesquisas para identificar características químicas e físicas que vêm a influenciar positivamente o sistema digestivo e garantir a saúde e bem estar-fisiológico desses animais. Um ponto importante a ser observado quanto ao tamanho das partículas a serem ingeridas pelos ruminantes é em relação a distúrbios comportamentais conforme descreve Malafaia, et al. (2011) pois a ingestão de alimentos finamente moídos pode causar transtornos como ingestão de corpos estranhos (parede da baia, pedras, cavaco de madeira ou qualquer outra material de tamanho maior que possa ser ingerido com a finalidade de estimular a ruminação), e isso pode consequentemente causar dentre outros danos a obstrução em algum ponto do trato gastrointestinal.

Métodos de determinação da Fibra Detergente Neutro fisicamente efetiva (FDNfe)

A forma mais utilizada para determinar a efetividade do FDN é o tempo de mastigação (ingestão mais ruminação), sendo esse o reflexo das propriedades físico-químicas do alimento (teor de FDN, fragilidade intrínseca, tamanho da partícula e umidade), pois isso afeta diretamente a secreção de saliva, a função ruminal (manutenção das condições ótimas do rumem e perfil dos AGCC) a trituração dos alimentos, a ingestão de matéria seca e o teor de gordura no leite em vacas em lactação (Colenbrander, et al. 1991). Um dos mecanismos mais eficientes na remoção dos íons de hidrogênio durante o processo de fermentação ruminal é por meio da produção de saliva que é rica em íons bicarbonato e fosfato.

Na avaliação da FDN fisicamente efetiva (FDNfe) Mertens (1997) propôs um sistema que considera as características químicas e físicas do alimento. Nesse sistema multiplica-se a concentração de FDN (% da MS) do alimento pela percentagem de partículas retidas em

peneiras maiores do que 1,18 mm, sendo que o produto dessa operação é o valor da

Além do período gasto com a mastigação que é um método biológico de avaliação da efetividade da fibra, há também uma metodologia laboratorial descrita por Poppi, et al. (1985), sendo que esta é realizada com base na passagem de fibras pelo trato gastrointestinal, em que as partículas encontradas nas fezes são inferiores a 1,18mm, sendo assim somente partículas superiores a esse valor são capazes de estimular a atividade mastigatória.

Entretanto a avaliação laboratorial é baseada em três condições principais: 1ª) o FDN é uniformemente distribuído por toda a partícula; 2ª) a atividade mastigatória é equivalente a todas as partículas retidas na peneira de 1,18 mm; 3ª) a fragilidade da partícula (facilidade de redução de tamanho) não é diferente entre as fontes de FDN (Mertens, 1997). Outro método também desenvolvido foi o de Buckmaster, et al. (1997) denominado de Índice de

De acordo com Missio, et al. (2009) o atual sistema de produção pecuária encontra-se economicamente pouco eficiente, fazendo com que os produtores lancem mão de alternativas que aumentem

FDNfe.

Fibra Efetiva (EFI), sendo esse método baseado no teor de FDN de cada fração e na distribuição das partículas em três peneiras. Foi utilizado um conjunto de três peneiras (>19mm, 8-19mm e < 8mm), e assim atribuiu-se coeficientes relativos de efetividade (E) para partículas retidas em peneiras distintas, sendo que estes coeficientes foram 2; 1 e 0,2 para >19mm, 8-19mm e < 8mm, respectivamente. No entanto ainda não foi avaliada experimentalmente.

Exigências de fibra para bovinos

A pecuária nacional vem passando por grandes mudanças, e no aspecto econômico observa-se um grande interesse para estratégias que propiciem melhores resultados de eficiência produtiva em quantidade e qualidade dos produtos, pois a atividade pecuária afasta-se do modelo extrativista e aproxima-se mais de uma atividade empresarial com a máxima intensificação (Euclides Filho, 2004).

a lucratividade da propriedade. Uma das formas de se aumentar a eficiência é a redução da idade de abate para 14-16 meses proporcionando maior giro de capital investido, podendo também liberar

áreas na propriedade, como consequência pode-se aumentar o número de matrizes e resultar em maior produção de bezerras e também na redução dos custos é por meio da utilização mais eficiente da dieta. A concentração de FDN é inversamente

De acordo com Burgui, (2001) podem ser descritos alguns benefícios do confinamento, como o adiantamento de receitas e a aceleração do giro de capital, a redução da lotação das pastagens durante a seca, o aumento da escala de produção e da produtividade da propriedade e o abate de animais mais jovens. No entanto, a adoção desse sistema mais intensivo buscando a maior produtividade envolve outros fatores, como o potencial genético dos animais e estratégias de alimentação que atendam às exigências nutricionais. De acordo com Sousa et al. (2000), ao avaliarem níveis crescentes de FDN na dieta (54, 60, 66 e 72% da MS), houve diminuição linear no coeficiente de digestibilidade da MS das rações. Outro forragem grosseiramente processados são mais eficientes na estimulação da mastigação (Armentano & Pereira, 1997). No caso da utilização de subprodutos pode haver queda do pH do líquido ruminal redução da relação acetato:propionato,

proporcional ao teor energético da dieta, por isso vários profissionais tem diminuído drasticamente o teor de FDN para aumentar o teor energético da dieta, na busca por melhor desempenho dos animais.

ponto importante descrito por Detmam, et al. (2003) em que eles utilizaram 45 trabalhos científicos e 181 médias de tratamentos, para avaliar o consumo de FDN por bovinos em confinamento, os mesmos descreve que com o aumento do teor de FDN (g/kg MS) na dieta há uma diminuição no percentual de NDT dietético (Figura 1).

Segundo Grant, (1997) o uso apenas do teor de FDN como sendo a única medida para a adequação do teor de fibra dos alimentos se mostra insuficiente principalmente quando são utilizados subprodutos fibrosos. A utilização de subprodutos fibrosos contribui para o percentual de FDN total da dieta, no entanto os alimentos provenientes de aumento da taxa de passagem do alimento pelo trato e diminuição da digestibilidade.

De acordo com Marcondes et al, (2011) animais consumindo concentrado na proporção de 2% do peso corporal tiveram maior consumo em relação a

animais recebendo 1%. Além de apresentarem maior desempenho de corpo vazio e de carcaça, no entanto não houve diferenças na eficiência de utilização entre os dois níveis de concentrado. Corroborando com Maeda et al, (2007) que forneceram dietas com 23 a 63% de concentrado, com milho moído e resíduo desidratado de fécula de mandioca como fonte de amido, resultando em baixo consumo de matéria seca em bubalinos, e em bovinos e bubalinos houve aumento na digestão ruminal do amido sem prejuízo na atividade dos microrganismos fibrolíticos. As recomendações de FDN total na dieta de vacas leiteiras ingerindo alfafa ou silagem de milho como forragem e milho como fonte de amido segundo o NRC (2001) é de 25% da matéria seca da dieta na condição de 19% da MS sendo FDN da

O NRC (2001) sugere que se ajuste (aumento) a concentração de FDN_{total} com base no teores de FDN proveniente de forragens (FDN_f) das dietas, sendo necessário principalmente em situações em que a forragem se apresenta de baixa

forragem. No entanto para esses animais apresentarem bom desempenho é suposto que essas dietas são para vacas em lactação que ingerem alimentos com tamanho de partículas adequado, sendo o milho a principal fonte de amido e a dieta é oferecida na forma de mistura total.

Um fator a ser observado é que a maioria das fontes de FDN que não são provenientes de forragem é significativamente menos efetivas na manutenção do teor de gordura no leite que o FDN de forragens. Baseado nos estudos Allen, (1997); e Mertens (1997), o NRC (2001) concluiu que o valor médio de efetividade de fontes de FDN não forrageira tinha em torno de 50% daquela apresentada de fontes oriundas de forragem.

qualidade e/ou disponibilidade. Nesse sentido o percentual de FDN proveniente de forragem pode ser reduzido para 15% da matéria seca total quando são incluídos subprodutos para elevar o percentual de (CFN).

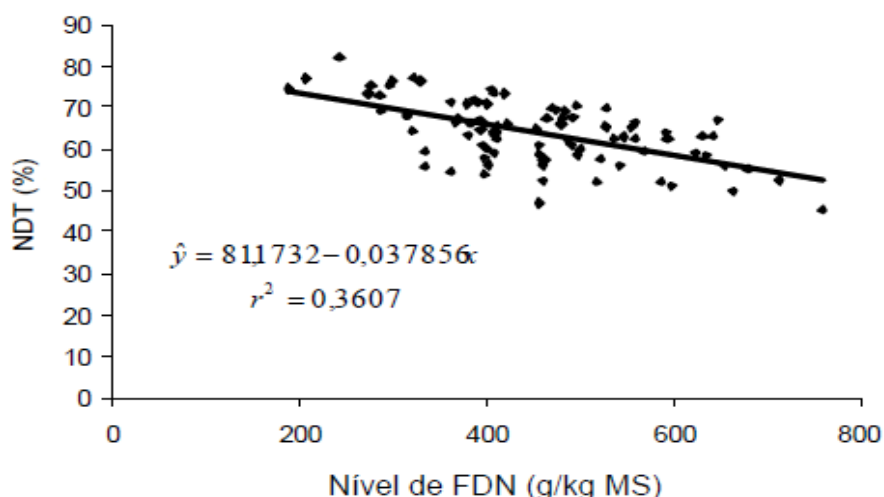


Figura 1 - Comportamento descritivo e equação de regressão para nível de nutrientes digestíveis totais (NDT) (y), em função do nível de fibra em detergente neutro (x) na dieta (n = 95; Plinear = 0,0001; DP = 5,8404), Detmam et al, (2003).

Tendo como base esses estudos, para cada decréscimo em uma unidade percentual de FDN proveniente da forragem (% da MS) abaixo de 19%, é recomendado aumentar 2 unidades percentuais na concentração de FDN total na dieta e a concentração de CNF máxima reduz duas unidades percentuais, (Tabela 1).

De acordo com Firkins, et al. (2002) essa estratégia foi validada em um experimento realizado em 15 semanas com vacas em lactação recebendo dietas com

aproximadamente 21, 19, 17 e 15% de FDNf compensada pelo aumento no teor de FDNtotal, utilizando como fonte o caroço de algodão ou a inclusão de resíduo de cervejaria desidratado. Nesse experimento nem o consumo de matéria seca a produção de leite e tampouco o percentual de gordura do leite foram alterados com a diminuição do percentual de FDNf das dietas para 15% da MS, sustentando a proposta do NRC(2001) para a formulação de dietas com baixo percentual de forragem.

TABELA 1 - Concentrações mínimas recomendadas (% MS) de FDN total e de forragem e concentrações máximas recomendadas de carboidratos não fibrosos (CNF) para dietas de vacas em lactação quando o tamanho de partícula da forragem é adequado, o milho é a principal fonte de amido e as rações são fornecidas em mistura total¹.

Mínimo FDNf	Mínimo FDNtotal	Máximo CNF	Mínimo FDA
19	25	44	17
18	27	42	18
17	29	40	19
16	31	38	20
15	33	36	21

¹Os valores nesta tabela são baseados na suposição de que a composição dos alimentos foram avaliados, quando dados de tabelas são utilizados esse valores podem não ser adequados.

Fonte: Berchielli, et al. 2011, apud NRC(2001).

Ao avaliarem o efeito da digestibilidade da forragem sobre o desempenho de vacas leiteiras Dado & Allen (1995), verificaram que o acréscimo na digestibilidade da FDN proveniente da forragem elevou o consumo de matéria seca e a produção de leite. O aumento de uma unidade percentual na digestibilidade da FDN foi associado a um acréscimo de 0,17 kg na ingestão de matéria seca e um acréscimo de 0,25 kg de leite corrigido para o teor de 4% de gordura. E segundo Berchielli et al. (2010) a porção digestível da FDN trará importantes modificações na definição dos requerimentos de fibra para ruminantes.

E ainda Mertens (2000), indica que a quantidade limite mínima de fibra

fisicamente efetiva na matéria seca da ração para a manutenção do pH ruminal e do teor do gordura no leite é de 21%. Ainda valores fora destes limites podem induzir a perda de desempenho do animal e em casos mais severos predispor ao acometimento de timpanismo do tipo gasoso e/ou espumoso, deslocamento de abomaso (mais frequente em vacas estabuladas e que em alguns casos podem apresentar quadro de cetose e esteatose hepática), acidose ruminal e podendo se agravar para acidose sanguínea, abscessos ruminais ocasionado pela redução do pH e/ou estereotípias que levam a ingestão de corpos estranhos (podendo levar a septicemia), laminite, dentre outros .

Conclusão

Na formulação de dietas para bovinos deve-se garantir as exigências em fibra, e ao contrário do que se parece não é tarefa tão simples devido a influencia de vários fatores químicos e físicos inerentes aos vários tipos de alimentos utilizados para esses animais. Sendo que o limite mínimo de fibra fisicamente efetiva recomendado é de 21%.

Referências bibliográficas

1. 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.
2. BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de ruminantes** 2ª ed.p 224-234. 2011.
3. BURGÜI, R. Confinamento estratégico. In: MATTOS, W.R.S. (Ed.) **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luis de Queiroz, 2001. 927p.
4. COLENBRANDER, V.F.; NOLLER, C.H.; GRANT, R.J. Effect of fiber content and particle size of alfalfa silage on performance and chewing behavior. **Journal of dairy science**. 74:2681, 1991.
5. DADO, R. G.; ALLEN, M. S. Intake limitations, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. **Journal of Dairy Science**, v. 78, p.118-132. 1995
6. DADO, R. G.; ALLEN, M. S. Intake limitations, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. **Journal of Dairy Science**, Champaign v. 78, p.118-132. 1995
7. DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C.; CECON,P.R.; et al. Consumo de Fibra em Detergente Neutro por Bovinos em Confinamento, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1763-1777, 2003 (Supl. 1).
8. EUCLIDES FILHO, K. O enfoque de cadeia produtiva como estratégia para a produção sustentável de carne bovina. In: **A produção animal e a segurança alimentar**. Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. 568p.
9. FIRKINS, J.L. et al. Lactation performance by dairy cows fed wet brewers grains or whole cottonseed to replace forage. **Journal of dairy science**, 85:2662, 2002.
GRANT, R.J. Interactions among forages and nonforage fiber source. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1438-1446, 1997.
10. HOFMANN, R.R. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. **Oecologia**, v.78, p443-457. 1989.
11. KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos Ruminantes** - 2ª Edição - Editora - Universidade Federal de Santa Maria-UFMS. 2009
12. MAEDA, E.M.; ZEOULA, L.M.; GERON, L.J.V.; et al. Digestibilidade e características ruminais de dietas com diferentes níveis de concentrado para bubalinos e bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.716-726, 2007.
13. MALAFAIA, P, BARBOSA, J.D.; TOKARNIA, C.H.; et al. Distúrbios comportamentais em ruminantes não associados a doenças: origem, significado e

importância. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.9, p781-790, 2011.

14. MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; OLIVEIRA, I.M.; et al. Eficiência alimentar de bovinos puros e mestiços recebendo alto ou baixo nível de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.6, p.1313-1324, 2011

15. MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação e formulação de rações. In: **Anais do Simpósio Internacional de Ruminantes**. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, Lavras, 1992, Anais... Lavras, MG: SBZ, 1992.

16. MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign v.80, p.1463–1481, 1997.

17. MERTENS, D.R. Using fiber and carbohydrate analysis to formulate dairy rations. In: Informational Conference with dairy and forage industries. Madison: **United states Dairy Forage Research center**, 1996. p81-92.

18. MERTENS, D.R. **Physically effective NDF and its use in formulating dairy rations**. Florida Ruminant Nutrition Symposium, Gainesville. 13 -4 de Janeiro de 2000.

19. MISSIO, R.L.; BRONDANI, I.L.; FREITAS, L.S.; et al. Desempenho e avaliação econômica da terminação de tourinhos em confinamento alimentados com diferentes níveis de concentrado na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.7, p.1309-1316, 2009.

20. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7 th ed. Washington, 2001. National Academic Press . 2001. 381 p.

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

22. RESENDE, F.D., QUEIROZ, A.C., FONTES, C.A.A. et al. Fibra em detergente neutro versus fibra em detergente ácido na formulação de dietas para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 24(3):342-350, 1995.

23. SOUZA, N.H.; FRANZOLIN, R.; RODRIGUES, P.H.M.; et al. Efeitos de Níveis Crescentes de Fibra em Detergente Neutro na Dieta sobre a Digestão Ruminal em Bubalinos e Bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29(5):1565-1577, 2000.

24. VAN SOEST, P. Fiber and physicochemical properties of feeds. In: **Nutritional ecology of the ruminant**, 2nd Edition, Cornell University Press, p. 141-155, 1994.

25. VAN SOEST, P.J.; MASON, V.C. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583– 3587, 1991.