

Degrabilidade Ruminal da Matéria Seca e da Fibra em Detergente Neutro de Alguns Volumosos Utilizados na Alimentação de Cabras Leiteiras, Submetidas a Dietas com Diferentes Relações Volumoso:Concentrado¹

André Luigi Gonçalves², Rogério de Paula Lana³, Marcelo Teixeira Rodrigues³, Ricardo Augusto Mendonça Vieira⁴, Augusto César de Queiroz³, Douglas Sampaio Henrique⁵

RESUMO - Os objetivos do presente estudo foram a caracterização e a determinação das estimativas dos parâmetros relativos à cinética de degradação ruminal dos carboidratos contidos nas amostras dos volumosos feno de alfafa, capim-elefante, feno de Tifton 85 e silagem de milho em cabras submetidas a diferentes relações volumoso:concentrado, por meio das técnicas *in situ* e *in vitro*. Para a determinação da digestibilidade *in situ*, foram utilizadas cinco cabras Alpinas, não-gestantes, não-lactantes, com peso médio de 58 kg, fistuladas no rúmen. Para o ensaio de digestibilidade *in vitro*, utilizou-se tampão de McDougall, adaptado por Gonzáles, ajustados para os pHs observados nos animais, conforme a relação volumoso:concentrado (100:0, 80:20, 60:40, 40:60 e 20:80), com solução de ácido cítrico 1 M. Utilizou-se o delineamento estatístico em quadrado latino 5x5. A partir dos resultados observados, pode-se sugerir que houve influência significativa da relação volumoso:concentrado sobre a digestibilidade ruminal dos volumosos avaliados, para todas as frações analisadas, uma vez que o efeito associativo desta relação possibilitou aumento da degradação, em certa faixa de pH (6,8 a 6,2), em detrimento de sua redução em pH inferior a 6,0. O período de latência sofreu decréscimo, quando o pH passou de 7,05 para 6,8, mantendo-se estável até 6,5, a partir do qual ocorreu incremento significativo para todos os volumosos, principalmente quando atingiu pH inferior a 6,0. As incubações *in situ* e *in vitro* resultaram em curvas de degradação da matéria seca semelhantes em seus formatos para todos os alimentos avaliados, que apresentaram também valores bem próximos para as taxas de degradação. Porém, vale ressaltar que a comparação entre os parâmetros cinéticos observados nos métodos *in situ* e *in vitro* é desnecessária, uma vez que os objetivos de cada técnica são diferentes. Dessa forma, ambos os métodos podem ser utilizados com confiabilidade para prever os parâmetros observados.

Palavras-chave: degradabilidade da fibra, técnica *in vitro*, técnica *in situ*

Ruminal Degradability of Dry Matter and Neutral Detergent Fiber of Some Forages Used in Dairy Goat Diets Presenting Different Forage to Concentrate Ratio

ABSTRACT - The objectives of the present study were to characterize and determine the parameters estimative of kinetics of carbohydrate degradation of alfalfa hay, elephant grass, tifton 85 hay, and corn silage, in different ratios of roughage:concentrate, using both *in situ* and *in vitro* technique. Five non pregnant non lactating goats, rumen cannulated, and averaging 58 kg were used during the experimental periods. A modified McDougall buffer was used for the *in vitro* assay to adjust pH to the values observed in the animals, by adding 1M of citric acid solution according to the roughage:concentrate studied. A 5x5 Latin square was used to evaluate five treatments consisted of roughage to concentrate ratio of 100:0, 80:20, 60:40, 40:60 e 20:80. It is suggested a significant influence of level of concentrate on ruminal digestibility of forages for all fractions studied. Associative effects of roughage and concentrate resulted on increment of degradation in the pH range of 6.2 to 6.8. Conversely a decrease on degradability was observed as pH reached values bellow 6.0. Lag time decreased as pH changed from 7.05 to 6.8 and maintained stable until 6.5, and a significant increase on lag values was observed thereafter, being noticed higher values at pH bellow 6.0 for all forages. Both *in situ* and *in vitro* incubation resulted in degradation curves of dry matter that were similar in shape for all feed studied as well as for rates of degradation. Thus it was suggested that both methods can be considered reliable to predict the observed parameters.

Key Words: fiber degradability, *in vitro* technique, *in situ* technique

Introdução

A avaliação de alimentos para o arraçamento dos animais domésticos tem evoluído consideravelmente, contudo, informações concernentes à

caprinocultura ainda são escassas. Nos últimos anos, a atividade tem apresentado expressivo crescimento, justificando aplicações de recursos em pesquisas, face à importância econômica.

Os carboidratos compreendem o grupo de com-

¹ Parte da tese de Mestrado apresentada à UFV para obtenção do título "Magister Scientiae".

² Mestre em Zootecnia/UFV. E.mail: luigi@mail.ufv.br

³ Professor da UFV.

⁴ Professor da UEG; Pesquisador do Instituto Melon, Silvânia, GO.

⁵ Estudante de graduação/UFV.

postos que encerram as substâncias orgânicas mais abundantes da biosfera; além disso, constituem a principal fonte de energia para os primeiros níveis tróficos da cadeia alimentar (LEHNINGER et al., 1993). Entre os carboidratos, aqueles que constituem a parede celular vegetal representam a principal fonte de energia para os herbívoros, entre eles os artiodáctilos das subordens Tylopoda e Ruminantia. A maior eficiência de utilização da energia potencial química contida nessas estruturas confere aos ruminantes, particularmente os domésticos, papel de destaque na alimentação e em outros usos para a humanidade (CHURCH, 1988; HOFMANN, 1988; e VAN SOEST, 1994).

O baixo valor nutritivo das forrageiras tropicais é uma das principais causas da menor produtividade do rebanho bovino, principalmente quando se trata de animais com elevada demanda por nutrientes (MINSON et al., 1976; VAN SOEST, 1994), o que pode ocorrer de forma semelhante para os caprinos. Dessa maneira, torna-se importante o conhecimento do comportamento do processo digestivo destes animais.

Segundo HUNGATE (1988), a retenção dos alimentos no retículo-rúmen permite uma relação endossimbiótica entre o animal e os microrganismos, capazes de utilizar esses alimentos ingeridos como substratos para o seu crescimento. Os microrganismos ruminais dependem de esqueletos de carbono, da disponibilidade energética (ATP) e de um concomitante fornecimento de amônia e peptídeos, para que haja a síntese protéica (NOCEK e RUSSELL, 1988; NOCEK e TAMMINGA, 1991; RUSSELL, 1992; e RUSSELL et al., 1992).

Com base em observações, ao verificar que certa quantidade de celulose permanecia não-degradada após sete dias de incubação ruminal, WALDO, citado por MERTENS (1993), subdividiu o componente celulose em duas frações: uma potencialmente degradável e outra não-degradada. WALDO et al. (1972) relacionaram as taxas de degradação e passagem desses componentes com o efeito de repleção ruminal (RR), sendo este fator determinante do consumo.

A busca de um método acurado, simples e rápido para estimar a qualidade de forrageiras, com base em sua digestibilidade, tem sido o objetivo da investigação metodológica de zootecnistas com interesse nessa área. Os ensaios de digestão *in vivo* constituem a forma mais exata para obter o valor nutritivo, servindo para estimar o valor real ou padrão na comparação

metodológica, porém apresentam limitações de tempo e quantidade de matéria-prima necessária para ser consumida. Além disso, variações entre animais são fator limitante da acurácia da técnica (NOCEK, 1988).

A técnica *in situ* permite o contato íntimo do alimento avaliado com o ambiente ruminal, sendo a melhor forma de simulação deste meio, embora o alimento não esteja sujeito a todos os eventos digestivos, como a mastigação, a ruminação e a passagem (VAN SOEST, 1994). Essa técnica requer animais canulados no rúmen, que, apesar de apresentar a determinação do valor nutritivo mais próximo ao encontrado em estudos *in vivo* (MERTENS, 1993), apresenta inúmeros problemas relacionados com tamanho de partículas, porosidade das bolsas, tempo de incubação, frequência de alimentação, correção para a contaminação bacteriana, influxo e efluxo de micropartículas (MERTENS, 1993; MADSEN e HVELPLUND, 1994; e VAN SOEST, 1994).

A manutenção de animais fistulados para o estudo dos eventos digestivos constitui altos custos e requer cuidados especiais com estes animais durante toda sua vida.

Dessa forma, as vantagens da utilização da técnica *in vitro* residem na sua rapidez, na uniformidade físico-química do microambiente de fermentação e na conveniência de não manter animais fistulados. Este método, no entanto, pode oferecer algumas possibilidades de falhas, por não se utilizarem adequadamente o inóculo, os nutrientes essenciais, os tampões ou os equipamentos que garantam as condições do pH e anaerobiose (VAN SOEST, 1994). Além disso, o fato de não reproduzir o ambiente ruminal poderia ser considerado sua maior limitação. Contudo, quando o objetivo do ensaio é determinar as propriedades intrínsecas do alimento, esta desvantagem pode não causar maiores problemas, uma vez que as condições podem ser controladas de maneira a prevenir as flutuações físico-químicas do ambiente, o que permite isolar a característica de interesse do alimento (MERTENS e LOFTEN, 1980; MERTENS, 1993).

A impossibilidade de quantificar diretamente determinado evento biológico tem levado à busca e ao desenvolvimento de modelos matemáticos, com os quais se pretende quantificação do fato real.

Os objetivos do presente estudo foram a obtenção dos perfis de degradação da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) para a caracteri-

zação e a determinação das estimativas dos parâmetros relativos à cinética de degradação ruminal dos carboidratos fibrosos contidos nas amostras dos volumosos: feno de alfafa (*Medicago sativa*), feno de capim (*Cynodon* ssp. Cv. Tifton 85), capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e silagem de milho (*Zea mays*), em dietas com cinco relações volumoso:concentrado, em cabras leiteiras, utilizando-se as técnicas *in situ* e *in vitro*.

Material e Métodos

O presente experimento foi realizado no Setor de Caprinocultura e no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.

Foram utilizadas cinco cabras adultas da raça Alpina, com peso médio de $58,00 \pm 2,75$ kg, não-prenhes, não-lactantes, fistuladas no rúmen. Os animais permaneceram confinados em baias individuais, onde receberam sua alimentação.

Foram utilizadas dietas contendo cinco relações volumoso:concentrado, 100:0, 80:20, 60:40, 40:60 e 20:80, para o estudo da degradabilidade *in situ*, que proporcionou cinco valores distintos de pH, conforme descrito por GONÇALVES (2001).

Utilizou-se feno de Tifton 85 como volumoso. Os ingredientes do concentrado foram o fubá de milho e o farelo de soja, em quantidade suficiente para a formulação isoprotéica com 12% PB.

Procedeu-se à incubação utilizando tecido de náilon com porosidade média de 55 mm, para a confecção das bolsas, cujas dimensões foram de 6,5 cm x 4,0 cm em cada lateral, totalizando uma superfície de 52 cm². Utilizaram-se em cada bolsa 20 mg/cm² de MS das amostras de silagem de milho, capim-elefante picado, feno de alfafa e feno de Tifton 85. As bolsas com as amostras compostas dos quatro volumosos testados foram incubadas no rúmen dos cinco animais, em cinco repetições, ao longo dos períodos experimentais. A composição bromatológica dos alimentos testados, assim como o feno de gramínea fornecido as cabras, consta da Tabela 1. Os tempos de incubação ruminal foram de 0; 3; 6; 9; 12; 24; 36 e 72 horas, sendo que o tempo zero hora correspondeu à lavagem das bolsas em água, para determinação da fração solúvel da matéria seca.

As bolsas foram atadas a uma corrente de, aproximadamente, 30 cm de comprimento (elos de 1,5 cm de comprimento) e esta à cânula, por meio de um fio de náilon. Foram amarradas quatro bolsas por elo, sendo alternadas a cada dois elos da corrente, para cada tempo de incubação. As bolsas foram incubadas no rúmen, ao mesmo tempo, e removidas em grupos de quatro (uma bolsa por volumoso), nos respectivos intervalos de tempo, acondicionadas em sacos plásticos e mantidas a -5°C. Posteriormente, foram separadas por volumoso e animal e lavadas conjuntamente em recipiente contendo água. Foram, então, secas em estufa de ventilação forçada a 65°C, durante 72

Tabela 1 - Composição bromatológica das forrageiras utilizadas no experimento, como integrante da dieta ou amostra incubada

Table 1 - Chemical composition of forage used in the experiment, as diet component or incubated sample

Alimento <i>Feed</i>	Nutrientes <i>Nutrients</i>						
	MS <i>DM</i>	PB <i>CP</i>	FDN <i>NDF</i>	CHOs <i>Ash</i>	Cinzas	Ca	P
Alimento utilizado na dieta <i>Feed used in the diet</i>							
Feno <i>Hay</i>	90,01	12,02	72,30	8,02	6,23	0,51	0,32
Alimentos utilizados na incubação <i>Feeds used in the incubation</i>							
Capim-elefante (Cv. mineiro) <i>Elephant grass</i>	21,01	8,62	67,12	10,40	2,45	0,60	0,28
Feno alfafa <i>Alfalfa hay</i>	91,04	19,24	48,26	25,32	9,05	1,58	0,12
Feno Tifton 85 <i>Tifton 85 hay</i>	89,02	9,28	72,30	6,12	6,81	0,39	0,18
Silagem de milho <i>Corn silage</i>	31,88	7,48	52,30	28,41	1,19	0,22	0,26

horas, e seu peso, seco determinado em balança analítica, com aproximação de 0,1 mg. Os resíduos foram moídos em moinho de facas, utilizando-se peneira de 1 mm para as determinações de FDN.

A degradação *in vitro* da FDN foi obtida incubando-se as amostras dos volumosos em triplicata, para cada nível de pH, em frascos erlenmeyers (250 mL), contendo solução-tampão de McDougall, enriquecida com glicose (0,5 g L⁻¹) e uréia (0,10 g L⁻¹), de acordo com GONZÁLEZ et al. (1990). O pH foi ajustado borbulhando CO₂ até ser atingido o valor de 7,30, a partir do qual se iniciou a inclusão de solução de ácido cítrico 1 M (GRANT e WEIDNER, 1992), até atingir os valores desejados, ou seja, 5,85; 6,21; 6,55; 6,85; e 7,05. O líquido de rúmen usado como inóculo foi coletado das cinco cabras, identificado quanto ao tratamento, acondicionado em garrafas térmicas e inoculado no meio de mesma faixa de pH, ou seja, 5,88; 6,19; 6,53; 6,89; e 7,03. As culturas foram então mantidas em incubadora com aquecimento (39°C) e mesa de agitação orbital automáticas.

Foram utilizados, aproximadamente, 1,5 g de amostra (moída em peneira de 1 mm) para cada frasco, em cada tempo de incubação, adicionando-se 75 mL de solução 1:1 de líquido de rúmen e tampão a cada frasco. Antes da mistura dos líquidos, entretanto, procedeu-se à infusão de CO₂ para a redução do pH do tampão. Os tempos de incubação foram de 0; 1; 3; 6; 9; 12; 24; 36 e 72 horas (MERTENS, 1993; VIEIRA et al., 1997). O conteúdo de cada frasco, retirado em seu respectivo tempo de incubação, foi transferido para um cadinho filtrante (Ø médio dos poros entre 40 e 60 mm), de massa previamente conhecida, que em seguida foi depositado em béquer de 500 mL, ao qual se adicionaram 100 mL de solução detergente neutra por grama de amostra. Após uma hora de fervura, filtrou-se o conteúdo do béquer no mesmo cadinho, utilizando-se água destilada quente para a lavagem e transferência do resíduo final, com subsequente lavagem com acetona (50 mL). Ao final, o cadinho contendo o resíduo foi levado à estufa (105°C) para secagem e posterior pesagem.

Os perfis de degradação da fibra em detergente neutro (FDN) foram obtidos pelo procedimento descrito acima e interpretados cineticamente utilizando-se o modelo proposto por VAN MILGEN et al. (1991), o qual é este adequado a perfis de degradação sigmoidais (VIEIRA et al., 1997).

$R(t) = D(0) \times ((c \times \exp(-p \times t) - p \times \exp(-c \times t)) / (c - p)) + I(0)$
em que: R(t) corresponde ao resíduo de incubação

(%), após determinado tempo, t (h); D(0), à fração potencialmente degradável (%); I(0), à fração indegradável (%); p (h⁻¹), à taxa de latência dinâmica; e c (h⁻¹), à taxa de degradação, propriamente dita, da fração potencialmente degradável dos carboidratos contidos na parede celular insolúvel em solução detergente neutra. Quando p tendeu a c, o modelo foi reparametrizado, conforme VIEIRA et al. (1997). A determinação da taxa de crescimento específico (TCE), bem como a degradação efetiva (DE), foi determinada conforme modelo proposto por VIEIRA et al. (1997).

Resultados e Discussão

A importância do fracionamento dos carboidratos ingeridos pelos ruminantes baseia-se na classificação das bactérias ruminais quanto à utilização dos carboidratos que constituem a parede celular vegetal e daqueles que se encontram no conteúdo celular com função não-estrutural (RUSSELL et al., 1992). A caracterização das frações que constituem os carboidratos dos alimentos obtidos nas condições tropicais e a determinação das taxas de degradação de cada fração na condição ótima de pH ruminal serão instrumentos valiosos para a formulação de rações que visam à maximização do crescimento microbiano e, conseqüentemente, à melhor predição do desempenho dos animais.

Os resultados obtidos no fracionamento e o estudo da cinética ruminal destas forrageiras demonstraram que as incubações *in situ* e *in vitro* resultaram em curvas de degradação da matéria seca semelhantes para todos os volumosos, no tocante ao modelo de curva observado. Contudo, os valores observados demonstraram nítido diferencial no que concerne aos valores obtidos em cada faixa de pH, deixando claro efeito associativo entre a ação das bactérias fibrolíticas e amilolíticas. Segundo MALAFAIA (1998), a proposta da inacessibilidade dos microrganismos fibrolíticos aos tecidos vegetais, oriundos de forrageiras em estágio avançado de maturidade, pode explicar o fato de o resíduo indigestível da FDN possuir, aproximadamente, 45 a 55% de sua constituição como polímeros potencialmente digestíveis, em conformidade com os valores obtidos neste trabalho.

Embora existam diferenças numéricas entre os parâmetros cinéticos estimados por ambas as técnicas (Tabelas 2, 3, 4 e 5), possível explicação para a similaridade entre as curvas reside no fato de a

Tabela 2 - Valores médios obtidos com o parâmetro da curva dos carboidratos contidos na MS e FDN, por meio das técnicas *in situ* (IS) e *in vitro* (IV), da amostra de alfafa, nos diferentes níveis de pHTable 2 - Average values obtained with the curve parameter of carbohydrates in DM and OM, by means of *in situ* (IS) and *in vitro* (IV) techniques of alfalfa sample, at different pH levels

Parâmetro Parameter	Valores do pH pH levels									
	7,05	6,85	6,55	6,20	5,85	7,05	6,85	6,55	6,20	5,85
	MSIS					MSIV				
A	48,47	52,54	55,29	50,51	48,03	46,51	48,86	50,47	48,05	46,08
D(0)	29,76	30,45	33,56	35,61	30,70	31,35	33,97	36,43	36,20	32,97
c	0,07	0,08	0,09	0,07	0,06	0,08	0,09	0,09	0,07	0,06
p	0,72	0,56	0,45	0,56	0,68	0,55	0,47	0,41	0,54	0,60
DE	68,13	73,47	78,64	73,46	66,74	67,38	72,12	75,58	71,56	66,18
TCE	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
I	21,77	17,01	11,15	13,89	21,28	22,14	17,17	13,09	15,75	20,95
L	0,91	1,04	1,43	1,67	2,19	1,06	1,13	1,47	1,80	2,36
	FDNIS					FDNIV				
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D(0)	51,87	55,58	58,14	53,51	51,39	48,04	50,95	56,33	52,08	48,94
c	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04
p	0,86	0,81	0,68	0,73	0,82	0,43	0,53	0,49	0,52	0,45
DE	23,65	28,03	30,35	24,23	20,56	24,71	25,17	28,27	26,36	24,80
TCE	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
I	48,13	44,42	41,86	46,49	48,61	51,96	49,05	43,67	47,92	51,06
L	0,92	0,94	1,28	1,69	2,17	1,06	1,14	1,32	1,75	2,28

A - Fração solúvel (%).

D(0) - Fração potencialmente degradável (%).

c - Taxa de digestão da fração insolúvel potencialmente digerível (h^{-1}).p - Taxa de latência dinâmica - tempo de disponibilização da fração insolúvel (h^{-1}).

DE - Degradabilidade ruminal específica (%).

TCE - Taxa de crescimento específico (h^{-1}).

I - Fração indigestível (%).

L - Taxa de latência discreta (h^{-1}).

A - Soluble fraction (%).

D(0) - Potentially degradable fraction (%).

c - Digestion rate of potentially digestible insoluble fraction (h^{-1}).p - Dynamic latency rate - availability time of insoluble fraction (h^{-1}).

DE - Specific ruminal disappearance (%).

TCE - Specific growth rate (h^{-1}).

I - Indigestible fraction (%).

L - Discrete latency rate (h^{-1}).

combinação entre todos os parâmetros do modelo (A, B, C, P e I) ter resultado em pontos estimados semelhantes. Outra explicação para esta similaridade é que o meio nutritivo-tamponante utilizado revelou-se eficaz na manutenção de valores dos pHs desejados, entre 5,85 e 7,05, para todos os alimentos estudados. Outros estudos *in vitro* demonstraram que, em pH inferior a 6,20, o crescimento dos microrganismos ruminais foi afetado, especialmente os fibrolíticos (MERTENS e LOFTEN, 1980; PELL et al., 1994), o que coincide com as observações do presente estudo.

A taxa de degradação da FDN (C) variou de 2,0 a 5,0 %/h (Tabelas 2, 3, 4 e 5). Dessa forma, as

taxas observadas neste estudo mostraram-se superiores às descritas em outros experimentos (SNIFFEN et al., 1992; MALAFAIA, 1998), que trabalharam com bovinos.

As incubações *in situ* e *in vitro* resultaram em curvas de degradação da matéria seca semelhantes em seus formatos para todos os alimentos avaliados (Tabelas 2, 3, 4 e 5). Todos os alimentos testados apresentaram valores próximos para as taxas de degradação (C) *in vitro* (Tabelas 2, 3, 4 e 5). Porém, vale ressaltar que a comparação entre os parâmetros cinéticos observados nos métodos *in situ* e *in vitro* é desnecessária, uma vez que os objetivos de cada técnica são diferentes (MERTENS, 1993). Dessa

Tabela 3 - Valores médios obtidos com o parâmetro da curva dos carboidratos contidos na MS e FDN, por meio das técnicas *in situ* e *in vitro* da amostra de capim-elefante, Cv. Mineiro, nos diferentes níveis de pHTable 3 - Average values obtained with the curve parameter of carbohydrates in DM and NDF, by means of *in situ* (IS) and *in vitro* (IV) techniques of elephant grass Cv. Mineiro sample, at different pH levels

Parâmetro Parameter	Valores do pH pH levels									
	7,05	6,85	6,55	6,20	5,85	7,05	6,85	6,55	6,20	5,85
	MSIS					MSIV				
A	35,87	36,49	37,60	35,87	34,48	33,47	35,19	35,75	34,14	32,79
D(0)	37,71	42,13	46,73	47,41	44,02	40,15	45,90	49,81	49,01	46,21
c	0,06	0,06	0,08	0,05	0,04	0,07	0,08	0,06	0,07	0,06
p	0,65	0,50	0,50	0,63	0,66	0,60	0,53	0,49	0,61	0,68
DE	58,87	62,58	69,07	64,17	57,26	59,44	65,67	72,77	65,67	61,42
TCE	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,06	0,03	0,03
I	26,42	21,39	15,66	16,72	21,50	26,38	18,91	14,45	16,85	21,00
L	1,04	1,24	1,40	1,72	2,42	1,04	1,12	1,16	1,67	2,14
	FDNIS					FDNIV				
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D(0)	48,83	53,51	55,23	46,82	45,83	47,13	51,24	54,46	48,95	45,75
c	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
p	1,48	1,26	1,08	1,37	1,57	1,42	1,42	1,45	1,42	1,42
DE	23,81	28,48	30,34	27,06	25,15	22,80	27,48	29,85	26,77	23,95
TCE	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03
I	51,17	46,49	44,77	53,18	54,17	52,87	48,76	45,54	51,05	54,25
L	0,56	0,64	0,86	0,96	1,14	0,57	0,59	0,67	0,91	1,27

A - Fração solúvel (%).

D(0) - Fração potencialmente degradável (%).

c - Taxa de digestão da fração insolúvel potencialmente digerível (h^{-1}).

p - Taxa de latência dinâmica - tempo de disponibilização da fração insolúvel (h^{-1}).

DE - Degradabilidade ruminal específica (%).

TCE - Taxa de crescimento específico (h^{-1}).

I - Fração indigestível (%).

L - Taxa de latência discreta (h^{-1}).

A - Soluble fraction (%).

D(0) - Potentially degradable fraction (%).

c - Digestion rate of potentially digestible insoluble fraction (h^{-1}).

p - Dynamic latency rate - availability time of insoluble fraction (h^{-1}).

DE - Specific ruminal disappearance (%).

TCE - Specific growth rate (h^{-1}).

I - Indigestible fraction (%).

L - Discrete latency rate (h^{-1}).

forma, não se recomenda o emprego de testes estatísticos para diferenciar tais parâmetros.

GRANT e WEIDNER (1992), analisando a digestibilidade *in vitro* com feno de alfafa, silagem de milho e feno de uma gramínea C3, concluíram que a redução do pH de 6,8 para 5,5 promoveu aumento no tempo de latência discreta, o que proporcionou significativa redução na taxa de digestão da FDN para todos os alimentos, sendo mais drástica quando o pH foi inferior a 6,0, o que pode ser observado também nos resultados obtidos neste trabalho. Esses autores afirmam que pH abaixo de 5,5 apresentou pouca degradabilidade da fibra, mesmo quando se observou a sobrevivência dos microrganismos. Demonstraram

que, enquanto se observava no pH 6,5 taxa de digestibilidade da FDN de 45%, este valor reduzia para 13% em pH 5,5 e somente 1% em pH 5.

MOULD et al. (1984) descreveram o efeito de pH na digestão da fibra como bifásico, uma vez que a redução do pH de 6,8 para 6,0 resultou em moderada redução na digestão da fibra e, a valores menores que 6,0, em severa inibição. Uma explicação proposta por GRANT e WEIDNER (1992) para este fato é que, provavelmente, em pH abaixo de 6,0, há diminuição da capacidade de adesão das bactérias à fibra, o que impede a colonização, condição essencial para a ação microbiana, em virtude do baixo nível do pH, influenciando no fluxo de prótons transmembrana.

Tabela 4 - Valores médios obtidos com o parâmetro da curva dos carboidratos contidos na MS e FDN, por meio das técnicas *in situ* e *in vitro* da amostra de feno de Tifton 85, nos diferentes níveis de pHTable 4 - Average values obtained with the curve parameter of carbohydrates in DM and NDF, by means of *in situ* (IS) and *in vitro* (IV) techniques of Tifton 85 hay sample, at different pH levels

Parâmetro Parameter	Valores do pH pH levels									
	7,05	6,85	6,55	6,20	5,85	7,05	6,85	6,55	6,20	5,85
	MSIS					MSIV				
A	26,94	28,81	30,88	26,81	22,95	16,47	18,59	19,64	23,35	19,77
D(0)	40,04	44,26	46,82	47,12	41,39	45,22	46,09	49,97	49,33	46,70
c	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,06	0,06	0,07	0,08	0,07
P	0,49	0,39	0,32	0,41	0,47	0,74	0,68	0,59	0,74	0,75
DE	45,72	50,54	54,73	48,55	42,27	44,45	47,87	52,92	57,63	50,50
TCE	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
I	33,02	26,93	22,31	26,06	35,66	38,30	35,31	30,39	27,32	33,53
L	1,45	1,72	2,32	2,67	3,31	0,93	0,98	1,23	1,37	1,95
	FDNIS					FDNIV				
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D(0)	51,24	55,71	57,18	55,65	51,65	49,85	55,68	57,04	51,09	47,91
c	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03
p	1,57	1,57	1,42	1,57	1,58	0,17	1,17	1,43	1,27	1,17
DE	24,34	28,48	31,17	30,53	26,40	20,00	26,89	29,34	27,66	23,25
TCE	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03
I	48,76	44,29	42,82	44,35	48,35	50,15	44,32	42,96	48,91	52,09
L	0,54	0,56	0,68	0,84	1,16	0,46	0,59	0,68	1,00	1,53

A - Fração solúvel (%).

D(0) - Fração potencialmente degradável (%).

c - Taxa de digestão da fração insolúvel potencialmente digerível (h^{-1}).p - Taxa de latência dinâmica - tempo de disponibilização da fração insolúvel (h^{-1}).

DE - Degrabilidade ruminal específica (%).

TCE - Taxa de crescimento específico (h^{-1}).

I - Fração indigestível (%).

L - Taxa de latência discreta (h^{-1}).

A - Soluble fraction (%).

D(0) - Potentially degradable fraction (%).

c - Digestion rate of potentially digestible insoluble fraction (h^{-1}).p - Dynamic latency rate - availability time of insoluble fraction (h^{-1}).

DE - Specific ruminal disappearance (%).

TCE - Specific growth rate (h^{-1}).

I - Indigestible fraction (%).

L - Discrete latency rate (h^{-1}).

No presente trabalho, este evento ocorreu de forma a melhorar a digestibilidade, quando o pH foi reduzido de 7,0 para 6,8 a 6,5, valores a partir dos quais a digestibilidade se apresentou decrescente até atingir o menor valor de pH, que foi de 5,85. A redução menos acentuada no pH sugere maior adaptabilidade dos caprinos a altos teores de concentrado, uma vez que, em seu hábito alimentar, houve, no processo de seleção, a caracterização da seletividade da espécie, o que contribui sobremaneira para esta condição.

GROLEAU et al. (1983) isolaram, em pH 6,0 a 6,8, enzimas fibrolíticas com alta atividade, o que sugere possivelmente não-redução dos microrganismos, nem mesmo da atividade das enzimas. Logo, a

explicação poderia voltar-se para a questão da aderência, impedindo a colonização da partícula e, por sua vez, a degradabilidade. Isto pode ser exemplificado pelos resultados obtidos por SHRIVER et al. (1986), que encontraram 43% menos bactérias aderidas, quando o pH foi reduzido de 6,2 para 5,8.

Os resultados obtidos neste trabalho apontam para TCE relativamente constante, para todos os alimentos, o que demonstra não ser a ausência de microrganismos a causa da redução observada na DE. Os valores para a fração A, de forma geral, não se mostraram diferentes, pois, por se tratar de elementos solúveis, independem do pH para sua solubilização. Já para a fração B, observaram-se

Tabela 5 - Valores médios obtidos com o parâmetro da curva dos carboidratos contidos na MS e FDN, por meio das técnicas *in situ* e *in vitro* da amostra de silagem de milho, nos diferentes níveis de pHTable 5 - Average values obtained with the curve parameters in DM and NDF, by means of *in situ* (IS) and *in vitro* (IV) techniques of corn silage sample, at different pH levels

Parâmetro estudado	Valores do pH									
	pH levels									
	7,05	6,85	6,55	6,20	5,85	7,05	6,85	6,55	6,20	5,85
	MSIS					MSIV				
A	56,52	58,01	57,39	58,07	57,88	46,67	49,96	56,98	56,52	49,08
D(0)	27,50	31,48	32,09	27,40	25,76	30,38	31,67	34,24	30,63	27,13
c	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05
p	0,82	0,78	0,65	0,58	0,82	0,54	0,52	0,57	0,52	0,53
DE	69,87	73,85	75,32	73,55	70,10	63,87	68,85	78,55	76,31	64,59
TCE	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
I	15,98	10,51	10,52	14,53	16,36	22,94	18,37	8,78	12,85	23,79
L	0,94	0,97	1,29	1,84	2,07	1,03	1,13	1,23	1,85	2,05
	FDNIS					FDNIV				
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D(0)	49,42	48,78	50,84	50,57	50,67	44,80	47,71	53,49	53,20	48,30
c	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04
p	0,68	0,71	0,62	0,65	0,70	0,92	0,90	0,84	0,70	0,75
DE	21,82	20,53	21,71	20,52	21,37	22,95	26,09	30,31	27,31	24,66
TCE	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03
I	50,58	51,22	49,16	49,43	49,33	55,20	52,29	46,51	46,80	51,70
L	1,13	1,22	1,49	1,91	2,44	1,04	1,14	1,33	1,75	2,24

A - Fração solúvel (%).

D(0) - Fração potencialmente degradável (%).

c - Taxa de digestão da fração insolúvel potencialmente digerível (h^{-1}).p - Taxa de latência dinâmica - tempo de disponibilização da fração insolúvel (h^{-1}).

DE - Degradabilidade ruminal específica (%).

TCE - Taxa de crescimento específico (h^{-1}).

I - Fração indigestível (%).

L - Taxa de latência discreta (h^{-1}).

A - Soluble fraction (%).

D(0) - Potentially degradable fraction (%).

c - Digestion rate of potentially digestible insoluble fraction (h^{-1}).p - Dynamic latency rate - availability time of insoluble fraction (h^{-1}).

DE - Specific ruminal disappearance (%).

TCE - Specific growth rate (h^{-1}).

I - Indigestible fraction (%).

L - Discrete latency rate (h^{-1}).

funções quadráticas ou cúbicas para feno de alfafa, capim-elefante, feno de Tifton 85 e silagem de milho, respectivamente. Isto sugere o efeito associativo, pois, em pH na faixa de 7,0, a menor DE poderia estar relacionada à multiplicação de colônias de bactérias fibrolíticas, em função da disponibilização do substrato, a fim de se obter a energia necessária para o crescimento microbiano, enquanto, adicionando-se concentrado (20 e 40%), a ação dos microrganismos amilolíticos, mais rápida, estaria gerando produtos finais em condições de suprir este requerimento energético, observado em todos os alimentos na forma do aumento da DE. O alto nível de concentrado nas dietas, por sua vez, provocaria elevada produção de ácido lático e,

conseqüentemente, queda do pH, resultando em menor atividade dos microrganismos fibrolíticos.

Um fator que deve ser considerado é o próprio sistema de regulação enzimático dos microrganismos, uma vez que aqueles que apresentam ambas as atividades, amilolítica e fibrolítica, são induzidos pelo meio, quando ricos em carboidratos solúveis, em um estímulo à produção de enzimas amilolíticas, em detrimento à celulase, buscando, dessa forma, reduzir seus custos energéticos (MOAT e FOSTER, 1995).

Se observados os valores registrados para DE, percebe-se semelhança nos valores obtidos para MS do feno de alfafa e da silagem de milho, assim como para o feno de Tifton 85 e o capim-elefante. Estes resultados podem estar relacionados ao menor teor

de FDN do primeiro grupo de alimentos citados, uma vez que, segundo GRANT et al. (1992), o aumento no teor de fibra potencializa o efeito da redução do pH sobre a degradação ruminal, o que agravaria, sobremaneira, a utilização de alimentos com elevados teores de FDN.

A fração não-degradável mostrou-se de forma inversa às observadas para a degradação das frações A e B, além do parâmetro DE, que apresentou, para todos alimentos, comportamento semelhante, respeitando-se os diferenciais em termos de valores. Isto mostra que, para todos estes parâmetros, a digestibilidade foi crescente ao partir do pH 7,0 e estabilizou-se na faixa de pH entre 6,8 e 6,2, de acordo com o alimento, sofrendo redução acentuada. O comportamento inverso foi verificado para porção indigestível (I).

A latência (L), por sua vez, apresenta comportamento pouco diferenciado, já que sofre discreto incremento em seu valor na faixa de 7,0 a 6,5, a partir do qual inicia crescimento mais acentuado. Pode-se inferir, portanto, que, efetivamente, quanto menor o pH, maior é a estimativa de L e menor é a DE. Em caprinos, a taxa de passagem colabora com a menor retenção da partícula no rúmen, além de apresentar maior perímetro no orifício retículo-omasal (Hoffmann, citado por VAN SOEST, 1994), permitindo passagem de partículas de maiores tamanhos, sendo agravados pelos fatores que reduzem a fermentação da fibra, como o abaixamento do pH.

As análises de regressão para cada parâmetro avaliado (A, B, C, P, DE, TCE, I e L), em cada método empregado (*in situ* e *in vitro*), para MS e FDN, em função da relação volumoso:concentrado decomposta nos efeitos polinomiais, geraram como resultado uma planilha, da qual foram extraídas as informações de maior relevância, como pode ser observado na Tabela 6. Verificou-se que o coeficiente de variação sofreu pequenas flutuações, o que garante maior confiabilidade nos dados obtidos. O grau de significância e o coeficiente de repetibilidade confirmam esta condição, e as equações expressam a melhor estimativa para os parâmetros observados.

Todos os alimentos observados apresentaram comportamento similar quanto ao efeito associativo da inclusão do concentrado na dieta; o comportamento geral pode ser observado na Figura 1, que ilustra a estimativa do comportamento das variáveis observadas na Tabela 6, em função do nível crescente de concentrado na dieta.

Os métodos utilizados para a avaliação dos parâmetros neste experimento mostraram-se satisfatórios, uma vez que numericamente os valores obtidos para a técnica *in vitro* apresentam comportamento semelhante àqueles obtidos por técnica *in situ*,

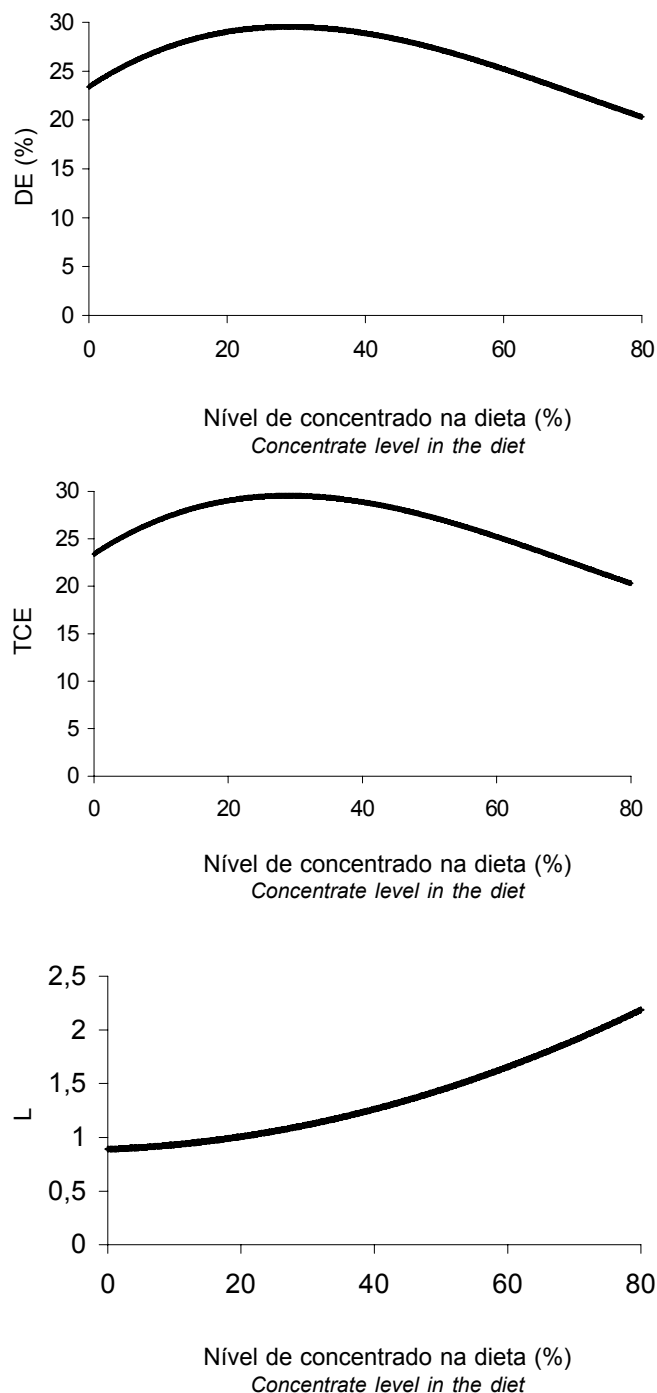


Figura 1 - Estimativa do comportamento da variável DE (a), TCE (b) e L (c), em função do aumento do nível de concentrado na dieta.

Figure 1 - Behavior estimate of ED (a), EGR (b) and L (c), as a function of concentrate level increase.

Tabela 6 - Equações de regressão para degradabilidade efetiva (DE), taxa de crescimento específica (TCE) e latência discreta (L) da fibra em detergente neutro (FDN), para feno de alfafa, capim-elefante, feno de Tifton e silagem de milho, por intermédio de técnicas in situ (IS) e in vitro (IV)

Table 6 - Regression equations for effective degradability (ED), specific growth rate (SGR) and discrete latency (L) of neutral detergent fiber (NDF), for alfalfa hay, elephant grass, Tifton hay and corn silage, by means of in situ (IS) and in vitro (IV) techniques

	R ²	p	cv	Regressão Regression
Feno de alfafa - FDN IS <i>Alfalfa hay - NDF IS</i>				
DE	0,73	0,01780	4,45	$\hat{Y} = 24,5279 + 0,0535802X + 0,00125397X^2 - 0,0000238751X^3$
TCE	0,90	0,02618	6,80	$\hat{Y} = 0,0306653 - 0,000167969X + 0,00000474488X^2 + 0,0000000575016X^3$
L	0,99	0,00000	8,25	$\hat{Y} = 1,55051 - 0,0185934X + 0,000496026x^2$
Feno de alfafa - FDN IV <i>Alfalfa hay - NDF IV</i>				
DE	0,93	0,00179	3,37	$\hat{Y} = 23,4008 + 0,462940X + 0,010041X^2 + 0,0000471395X^3$
TCE	0,95	0,03417	6,33	$\hat{Y} = 0,0251292 + 0,000521705X + 0,0000119107X^2 + 0,0000000575016X^3$
L	0,99	0,00003	7,11	$\hat{Y} = 0,889849 + 0,00241084X + 0,000172736X^2$
Capim-elefante - FDN IS <i>Elephant grass- NDF IS</i>				
DE	0,96	0,03975	4,90	$\hat{Y} = 23,6802 + 0,417611X - 0,00849738X^2 + 0,0000435860X^3$
TCE	0,95	0,00270	3,15	$\hat{Y} = 0,0291266 + 0,000143333X + 0,00000405454X^2 + 0,0000000581124X^3$
L	0,97	0,05479	6,20	$\hat{Y} = 0,552577 + 0,00542177X + 0,0000228229X^2$
Capim-elefante - FDN IV <i>Elephant grass- NDF IV</i>				
DE	0,96	0,01850	2,64	$\hat{Y} = 22,6738 + 0,392098X + 0,00686013X^2 + 0,0000267284X^3$
TCE	0,99	0,00000	2,49	$\hat{Y} = 0,0286621 + 0,00347821X - 0,00000367622X^2$
L	1,00	0,00000	5,77	$\hat{Y} = 0,590140 - 0,00425852X + 0,000160164X^2$
Feno de Tifton 85 - FDN IS <i>Tifton 85 hay - NDF IS</i>				
DE	0,99	0,00000	4,99	$\hat{Y} = 24,1166 + 0,314392X - 0,00354462X^2$
TCE	0,92	0,00088	9,24	$\hat{Y} = 0,0273807 + 0,000356371X - 0,00000368981X^2$
L	0,99	0,00011	9,94	$\hat{Y} = 0,532842 - 0,00137303X + 0,000113907X^2$
Feno de Tifton 85 - FDN IV <i>Tifton 85 hay - NDF IV</i>				
DE	0,99	0,0000	4,27	$\hat{Y} = 20,1541 + 0,418345X - 0,00477520X^2$
TCE	0,98	0,00618	4,56	$\hat{Y} = 0,0203507 + 0,000340244X + 0,00000192643X^2 + 0,0000000610632X^3$
L	0,99	0,00001	4,73	$\hat{Y} = 0,558207 + 0,00883110X + 0,000262626X^2 + 0,00000380956X^3$
Silagem de milho - FDN IS <i>Corn silage - NDF IS</i>				
DE	ns	-	7,49	-
TCE	ns	-	10,36	-
L	0,99	0,00004	7,58	$\hat{Y} = 1,09931 + 0,000797976X + 0,000203118X^2$
Silagem de milho - FDN IV <i>Corn silage - NDF IV</i>				
DE	0,88	0,00000	3,16	$\hat{Y} = 22,6534 + 0,291677X - 0,00335598X^2$
TCE	0,80	0,00517	5,54	$\hat{Y} = 0,0310368 + 0,000544225X + 0,0000139484X^2 + 0,0000000883562X^3$
L	0,98	0,00121	7,06	$\hat{Y} = 0,815162 - 0,00294881X + 0,0002689X^2$

para todos os alimentos, o que permitiria a utilização daquele que fosse mais conveniente, em virtude da disponibilização de condições que favorecessem mais a um ou outro.

Conclusões

O decréscimo do pH de 6,8 para 6,2 reduziu moderadamente a digestão da FDN, resultando em redução da DE e TCE e aumento do valor de I e L e, de forma mais intensa, quando é modificado de 6,2 para 5,8.

Os alimentos que sofreram mais intensamente a ação do decréscimo do pH foram os que apresentaram maior teor de FDN na MS.

Referências Bibliográficas

- CHURCH, D.C. 1988. The classification and importance of ruminant animals. In: CHURCH, D.C. (Ed.) *The ruminant animal: digestive physiology and nutrition*. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs. p.1-13.
- GRANT, R.J., WEIDNER, S.J. 1992. Digestion kinetics of fiber: Influence of *in vitro* buffer pH varied within observed physiological range. *J. Dairy Sci.*, 75:1060-68.
- GONZÁLEZ, J.W., VAN GELDER, A.H., STEG, A. et al. 1990. Prediction of *in situ* rumen escape protein from *in vitro* incubation with protease from *Streptomyces griseus*. *J. Sci. Food Agric.*, 72:120-126.
- GONÇALVES, A.L., LANA, R.P., RODRIGUES, M.T. 2001. Padrão nictemeral do pH ruminal e comportamento alimentar de cabras leiteiras alimentadas com dietas contendo diferentes relações volumoso:concentrado. *Rev. bras. zootec.*, 30(6):1886-1892.
- GROLEAU, D., FOSBERG, C. W. 1983. Partial characterization of the extracellular carboxymethylcellulase activity produced by the rumen bacterium *Bacteroides succinogenes*. *Can. J. Microbiol.*, 29:504-16.
- HOFMANN, R.R. 1988. Anatomy of the gastrointestinal tract. In: CHURCH, D.C. (Ed.) *The ruminant animal: digestive physiology and nutrition*. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs. p.14-43.
- HUNGATE, R.E. 1988. Introduction: the ruminant and the rumen. In: HOBSON, P.N. *The rumen microbial ecosystem*. London: Elsevier. p.1.
- LEHNINGER, A.L., NELSON, D.L., COX, M.M. 1993. *Principles of biochemistry*. 2.ed., New York: Worth Publishers. 1013p.
- MADSEN, J., HVELPLUND, T. 1994. Prediction of *in situ* protein degradability in the rumen. Results of a European ring test. *Lvstck. Prod. Sci.*, 39:201-212.
- MALAFAIA, P.A.M., VALADARES FILHO, S.C., VIEIRA, R.A.M. et al. 1998. Cinética ruminal de alguns alimentos investigada por técnicas gravimétricas e metabólicas. *R. Bras. Zootec.*, 27(2):370-380.
- MALAFAIA, P.A.M., VALADARES FILHO, S.C., VIEIRA, R.A.M. et al. 1998. Determinação da frações que constituem os carboidratos totais e da cinética ruminal da fibra em detergente neutro de alguns alimentos para ruminantes. *R. Bras. Zootec.*, 27(4):790-796.
- MERTENS, D.R. 1993. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J. M., FRANCE, J. (Eds.) *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Cambridge, England: Commonwealth Agricultural Bureaux, Cambridge University Press. p.13-51.
- MERTENS, D.R., LOFTEN, J.R. 1980. The effect of starch on forage fiber digestion *in vitro*. *J. Dairy Sci.*, 63(9):1437-1446.
- MERTENS, D.R. 1976. Principles of modeling and simulation in teaching and research. *J. Dairy Sci.*, 60(7):1176-1186.
- MINSON, D.J., STOBBS, T.H., HEGARTY, M.P. et al. 1976. Measuring the nutritive value of pasture plants. In: SHAW, N.H., BRYAN, W.W. (Eds.) *Tropical pasture research: principles and methods*. Hurley, Berkshire: CAB International. p.308-337.
- MOAT, A.G., FOSTER, J.W. 1995. *Microbial physiology*. New York: John Wiley & Sons Inc. Publ. 580p.
- MOULD, F.L., ØRSKOV, E.R. MANN, S.O. 1984. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulose *in vivo* and dry matter digestion of various roughages. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 10:15.
- NOCEK, J.E. 1988. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *J. Dairy Sci.*, 71(8):2051-2069.
- NOCEK, J.E., TAMMINGA, S. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.*, 74(10):3598-3629.
- NOCEK, J.E., RUSSELL, J.B. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.*, 71(8):2070-2107.
- PELL, A.N., SCHOFIELD, P., STONE, W.C. 1994. Rates of digestion of feeds measured *in vitro* with computers. *Proc. Cornell Nutr. Conf.*, p.74-81.
- RUSSELL, B. J., O'CONNOR, J. D., FOX, D. J. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.*, 70(12):3551-3581.
- RUSSELL, J.B., O'CONNOR, J.D., FOX, D.G. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.*, 70(12):3551-3561.
- SHRIVER, B. J., HOOVER, W. H., SARGENT, J. P. et al. 1986. Fermentation of a high concentrate diet as affected by ruminal pH and digesta flow. *J. Dairy Sci.*, 69(2):413-422.
- SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, 70(12):3562-3577.
- VAN MILGEN, J., MURPHY, M.R., BERGER, L.L. 1991. A compartmental model to analyze ruminal digestion. *J. Dairy Sci.*, 74(9):2515-2526.
- VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed., Ithaca: Cornell University Press. 476p.
- VIEIRA, R.A.M., PEREIRA, J.C., MALAFAIA, P.A.M. et al. 1997. The influence of elephant-grass (*Pennisetum purpureum* Schum., Mineiro variety) growth on the nutrient kinetics in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 67(2-3):151-161.
- WALDO, D.R., SMITH, L.W., COX, E.L. 1972. Model of cellulose disappearance from the rumen. *J. Dairy Sci.*, 55(1):125-129.

Recebido em: 21/02/01

Aceito em: 23/07/01