

ANDRÉ LUIGI GONÇALVES

DEGRADABILIDADE RUMINAL DA FIBRA E COMPORTAMENTO
ALIMENTAR EM CABRAS LEITEIRAS RECEBENDO DIETAS COM
DIFERENTES RELAÇÕES VOLUMOSO:CONCENTRADO

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, para obtenção
do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2000

“Certifica-te bem do estado do teu gado miúdo; atende aos teus rebanhos, porque a riqueza não é eterna e a coroa não permanece de geração em geração. Quando se abre o prado, quando brotam as ervas, uma vez recolhido o feno das montanhas, tens ainda cordeiros para te vestir e bodes para pagares um campo, leite de cabra suficiente para teu sustento, para o sustento de tua casa e a manutenção das tuas servas.”

Provérbios 27, 23-27

“Feliz do homem que encontrou a sabedoria,
daquele que adquiriu a inteligência,
porque mais vale este lucro que a prata,
e o lucro que se obtém é melhor que o fino ouro.
Ela é mais preciosa que as pérolas,
jóia alguma a pode igualar.
Na mão direita ela sustenta uma longa vida;
Na esquerda, riqueza e glória.
Seus caminhos estão semeados de delícias.
Suas veredas são pacíficas.
É uma árvore de vida para aqueles que lançarem mão dela.
Quem a ela se apegar é um homem feliz.
Foi pela sabedoria que o Senhor criou a terra,
foi com inteligência que ele formou os céus.
Foi pela ciência que se fenderam os abismos,
por ela as nuvens destilam o orvalho.”

Provérbios 3, 13-20.

Dedico esta singela obra à minha mãe (*in memoriam*), em sinal de meu amor, eterna gratidão, pelo exemplo que foi para mim de caráter, conduta, sensibilidade, altruísmo e, sobretudo, dignidade humana.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Zootecnia, pela acolhida e oportunidade para realização do curso.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Dr. Rogério de Paula Lana, por ter sido muito mais que mero orientador e por ter desempenhado esta função com louvor acadêmico, superando todas as minhas expectativas.

Ao professor Dr. Marcelo Teixeira Rodrigues, o qual, na condição de conselheiro, me mostrou no dia-a-dia que, além de todo conhecimento transmitido, é extremamente importante a participação, proporcionando-me orgulho de tê-lo como amigo.

Aos professores Dr. Augusto César de Queiroz e Dr. José Carlos Pereira, pela colaboração, pelas sugestões, pelas críticas e, sobretudo, pelo convívio fraterno.

Ao amigo Dr. Ricardo Augusto Mendonça Vieira, por muito mais do que eu poderia retratar em qualquer espaço do qual dispusesse.

À professora Maria Ignez Leão e sua equipe, por todo o apoio prestado e pela sua larga experiência, sem a qual este trabalho não seria realizado.

Aos amigos César, Cláudio, Joanis, Kelvin e Luciano, pelo convívio fraterno e amigável que tivemos ao longo deste curso.

Ao amigo Francisco Sabbadini, por ser um companheiro de todas as horas, independente da distância que nos separa.

Aos demais professores, colegas de curso e funcionários do Departamento de Zootecnia, pelo convívio, pela experiência e pela possibilidade de poder contar com vocês a cada momento.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação acadêmica e para a elaboração deste trabalho.

BIOGRAFIA

ANDRÉ LUIGI GONÇALVES, filho de Vera Lucia Gonçalves, nasceu em 28 de junho de 1968, em Resende-RJ.

Em fevereiro de 1993, concluiu o curso de Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí-RJ.

Em fevereiro de 1993, ingressou na Prefeitura Municipal de Itatiaia-RJ, atuando no Colégio Municipal Técnico Agrícola Dom Ottorino Zanon como professor e zootecnista e desempenhando, ainda, as funções de Coordenador do programa Cooperativa-Escola, Coordenador do Curso de Técnicas Agrícolas, Diretor e Diretor-Adjunto.

Em dezembro de 1994, concluiu o Curso de Especialização em Nutrição de Ruminantes pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí-RJ.

Em outubro de 1997, foi credenciado pela Associação Brasileira de Criadores de Caprinos como Inspetor do Serviço de Registro Genealógico das raças Caprinas para o Estado de São Paulo. Em março de 1998, recebeu também o credenciamento para atuação junto aos criadores do Estado do Rio de Janeiro.

Em março de 1998, foi admitido no Programa de Pós-Graduação em nível de Mestrado, na área de Nutrição de Ruminantes, da Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em 10 de abril de 2000.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
Padrão Nictemeral do pH Ruminal e Comportamento Alimentar de Cabras Leiteiras Alimentadas com Dietas Contendo Diferentes Relações Volumoso:Concentrado	14
Resumo	14
Abstract.....	15
Introdução	16
Material e Métodos.....	17
Resultados e Discussão.....	19
Conclusões.....	31
Referências Bibliográficas.....	32
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:Concentrado	35
Resumo	35
Abstract.....	36
Introdução	37

Material e Métodos	40
Resultados e Discussão.....	43
Conclusões.....	56
Referências Bibliográficas.....	57
Cinética de Degradação de Alguns Volumosos Usados na Alimentação de Cabras Leiteiras por Intermédio da Técnica de Produção de Gases sob Diferentes Níveis de pH.....	60
Resumo	60
Abstract.....	61
Introdução	62
Material e Métodos.....	65
Resultados e Discussão.....	69
Conclusões.....	77
Referências Bibliográficas.....	78
3. RESUMO E CONCLUSÕES	81

RESUMO

GONÇALVES, André Luigi, M.S., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2000. **Degradabilidade ruminal da fibra e comportamento alimentar em cabras leiteiras recebendo dietas com diferentes relações volumoso:concentrado.** Orientador: Rogério de Paula Lana. Conselheiros: Marcelo Teixeira Rodrigues e Augusto César de Queiroz.

Os objetivos básicos do presente estudo foram a caracterização do padrão nictemeral do pH ruminal e a avaliação do comportamento alimentar de cabras leiteiras alimentadas com dietas compostas por diferentes relações volumoso:concentrado, além buscar 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, por meio das técnicas *in situ*, *in vitro* e de produção cumulativa de gás. Foram utilizadas cinco cabras, com peso médio de 58 kg, não-lactantes, não-gestantes, fistuladas no rúmen, em cinco períodos experimentais. Cada animal foi observado em cada um dos cinco tratamentos, que consistiam das relações volumoso:concentrado de 100:0, 80:20, 60:40, 40:60 e 20:80, em um delineamento em quadrado latino 5×5. As dietas foram fornecidas a cada 6 horas, buscando amenizar a variação dos níveis de pH ruminal, durante o período de 24 horas, para todos os tratamentos. Após a adaptação dos animais às dietas experimentais, estes foram observados por um período de 48 horas, no qual foi mensurado o pH ruminal a cada hora, bem como

em outro período de mesma duração, em que se observou o comportamento a cada 10 minutos. Para a determinação da digestibilidade *in situ*, ainda foram utilizadas as cinco cabras Alpinas. Para o ensaio de digestibilidade *in vitro*, utilizou-se tampão de McDougall, adaptado por Gonzáles, ajustado para os pHs observados nos animais com solução de ácido cítrico 1 M, conforme a relação volumoso:concentrado. Os parâmetros cinéticos da degradação ruminal da matéria seca e da fibra em detergente neutro destes volumosos, submetidos a diferentes níveis de pH, foram estimados também por meio de incubações anaeróbicas usando as técnicas da produção cumulativa de gases e, contrastado com os resultados obtidos por intermédio das técnicas *in situ* e *in vitro*, para os parâmetros de degradabilidade específica (DE) e taxa de digestão da fração insolúvel potencialmente digerível (c). A interpretação cinética foi feita pelo modelo logístico $V(t) = V_f / (1 + \exp(2 + 4c(L - T)))$. Foi observado que o nível de concentrado crescente resultou em decréscimo sobre o pH, cujos valores reduziram drasticamente em níveis acima de 60%. Observou-se também o efeito de tratamento sobre tempo de alimentação, ruminação e ócio. O tempo de alimentação foi maior para as dietas contendo valores acima de 60% de volumoso. A dieta contendo 100% de volumoso apresentou maior tempo de ruminação e menor ócio, seguida daquelas contendo 80 e 60% de volumoso, enquanto aquelas contendo 40 e 20%, menor tempo de ruminação e maior ócio. 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 houve 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. Dessa forma, ambos os métodos podem ser utilizados com confiabilidade para prever os parâmetros observados. Observou-se comportamento similar nas curvas da degradabilidade específica, bem como para a taxa de digestão da fração insolúvel potencialmente digerível, o que confirma a interferência do nível do pH sobre os parâmetros relativos à cinética de degradação ruminal dos carboidratos. As leituras de produção de gás resultaram em menores coeficientes de variação para a cinética de degradação da MS, mas apresentaram valores inferiores aos obtidos pelas técnicas *in situ* e *in vitro*. Já para a FDN, mostraram valores e comportamento bem próximos dos obtidos pelas outras técnicas. Conclui-se que as estimativas das taxas de degradação ruminal da FDN podem ser realizadas precisamente também pela técnica da produção de gás.

ABSTRACT

Gonçalves, André Luigi, M.S., Universidade Federal de Viçosa, April 2000.
Rumen degradability of fiber and feeding behavior of dairy goats receiving diets of different roughage to concentrate ratio. Adviser: Rogério de Paula Lana. Committee members: Marcelo Teixeira Rodrigues and Augusto César de Queiroz.

The objectives of the present study were to characterize nictemeral pattern of ruminal pH and feeding behavior of dairy goats fed diets presenting different ratios of forage to concentrate. It was also attempted to estimate parameters of kinetics of carbohydrate degradation for alfalfa hay, elephant grass, tifton 85, and corn silage, using both *in situ*, *in vitro* and gas production approaches. Five non pregnant non lactating goats, ruminally cannulated, and averaging 58 kg of body weight were used during the five experimental periods. 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. Diets were fed at every 6h in order to reduce ruminal pH variation during a 24h period. After adaptation to experimental diets, a 48h period was given to measure ruminal pH hourly for 24h, to be used as a covariate, following a study of feeding behavior measured at every 10 minutes for the remaining period. 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 to

concentrate ratio studied. Kinetic parameters of dry matter and neutral detergent fiber degradation at different pH values were also estimated by using cumulative gas production technique and their values contrasted with those obtained by both *in vitro* and *in situ* studies. Kinetic interpretation for specific degradability, rate of degradation and the potentially digestible insoluble fraction was done by using the logistic model $V(t) = V_f / (1 + \exp(2 + 4c(L - T)))$. It was observed that increasing level of concentrate resulted in reduction of pH, especially when concentrate accounted for more than 60%. Treatment effect was also observed on chewing time. Time spent eating was greater as percentage of roughage in the diet increased, especially over 60%. Roughage content of 100% presented the highest value of rumination time and the lowest value for idle, following diets containing 80 e 60% respectively. There were no difference between diets containing 40 e 20% roughage, which presented the lowest value for rumination and the highest for idle. 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 under 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 below 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. Similar pattern was found for extent and rate of degradation of the potentially digestible insoluble fraction which confirm the interference of pH on kinetic parameter of carbohydrates in the rumen. Gas production approach yielded the lowest variation coefficient for the values of dry matter degradation but lower figures were found as compared to both *in situ* and *in vitro* techniques. Similar values were obtained for NDF as the three approaches were compared and it was suggested that they can be used interchangeably to precisely estimate NDF degradation.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a caprinocultura tem desenvolvido significativamente, no que diz respeito ao efetivo de rebanho e à produtividade (FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 1996). Isto levou esta espécie animal à maior demanda, no que concerne às exigências nutricionais, haja vista a progressiva especialização. Entretanto, o Brasil, apesar de possuir um dos maiores rebanhos caprinos do mundo, apresenta também diversos problemas quanto à alimentação destes animais, já que o baixo valor nutritivo das forrageiras tropicais é a principal causa da baixa produção do rebanho (VAN SOEST, 1994).

Sabe-se que a seletividade é o que permite aos caprinos buscar, entre os alimentos disponíveis, aqueles que apresentam maior valor nutritivo. Nas regiões tropicais, os caprinos apresentam a vantagem de explorar de forma diferenciada as forrageiras, selecionando para o consumo as melhores partes, podendo contribuir com a produção de alimentos em áreas de baixo potencial produtivo, pois, nestas condições desfavoráveis, podem, seletivamente, buscar as melhores partes dos vegetais com maior eficiência que os ruminantes pastejadores (VAN SOEST, 1987). Contudo, arraigou-se, no Brasil, a crença de que a cabra seria ideal para o aproveitamento de forragens grosseiras em áreas pobres (SANCHES,

1984), o que prejudicou o desenvolvimento da caprinocultura tecnificada e o uso da exploração leiteira com alimentos de melhor qualidade.

As adaptações anatômicas do sistema digestivo dos ruminantes os tornaram capazes de utilizar alimentos fibrosos e se manterem relativamente independentes de fontes externas de vitaminas do complexo B e de aminoácidos essenciais (VAN SOEST, 1994). Assim, a fibra é também importante suporte para a manutenção da função ruminal e o crescimento dos microrganismos do rúmen que digerem os carboidratos e os convertem em ácidos graxos voláteis, fonte primária de energia para o ruminante (RODRIGUES, 1998).

É evidente que os caprinos, embora sejam ruminantes como os ovinos e bovinos, exibem significativas diferenças em seus hábitos de pastejo, atividades físicas, exigência em água, grau de seletividade dos alimentos, composição do leite, composição da carcaça, desordens metabólicas e parasitismo, o que justifica o estudo separado das exigências dos caprinos em relação aos demais ruminantes (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1981; AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC, 1993). Observando-se esses aspectos, faz-se extremamente necessária a adequação do manejo nutricional destes animais, ponderando-se máxima produção em relação ao melhor aproveitamento das forrageiras. Dessa forma, torna-se importante compreender o processo de degradação dos nutrientes, em especial da fibra, e a relação do grau de influência desta sobre o processo digestivo.

A eficiência de produção varia com a quantidade e a qualidade da ração oferecida e depende das espécies de microrganismos presentes, que são determinados pelos substratos específicos e pelas condições ruminais, principalmente o pH e a taxa de diluição (FORBES e FRANCE, 1993; SNIFFEN et al., 1993). O pH e a taxa de passagem são os modificadores químicos e físicos mais importantes da fermentação ruminal; ambos podem ser afetados por características da dieta ou por fatores a ela relacionados, tais como o nível de ingestão, a estratégia de alimentação, o tamanho de partículas, a qualidade da forrageira e a relação volumoso:concentrado (CLARK et al., 1992; HOOVER e STOKES, 1991; e ROBINSON e MCQUEEN, 1994). KOVACIK et al. (1986) e

MATTOS (1988) concluíram que o pH ruminal pode influenciar os tipos de microrganismos e, conseqüentemente, o padrão de fermentação ruminal.

Rações contendo alto teor de fibra, representado pela fibra em detergente neutro (FDN), promovem diminuição do consumo de matéria seca, devido à limitação provocada pela repleção do rúmen-retículo (MERTENS, 1988). Por outro lado, como ocorre com os bovinos, rações contendo elevados teores de concentrado e menores níveis de fibra também podem resultar em menor consumo de matéria seca nos caprinos, uma vez que as exigências energéticas dos ruminantes podem ser atingidas em menores níveis de consumo. Além disso, podem comprometer a regulação do pH do meio ambiente ruminal (VAN SOEST e MERTENS, 1984; MERTENS, 1988).

O pH ruminal é influenciado pelo tipo de alimento consumido e sua estabilização é atribuída, em grande parte, à saliva, que possui alto poder tamponante (OWENS e GOETSCH, 1988; VAN SOEST, 1994). Observa-se aumento no fluxo da saliva, devido ao estímulo da mastigação e ruminação, que resulta de reflexos iniciados por estímulos físicos das partículas grosseiras sobre a parede ruminal (HARFOOT, 1981; HOOVER e STOKES, 1991).

Segundo ØRSKOV (1986), a redução do pH ruminal ocorre, principalmente, logo após a ingestão do alimento, em virtude de elevadas taxas de degradação. O pH pode atingir seu ponto mínimo entre 0,5 e 4 horas após a alimentação, sendo o reflexo do balanço entre as taxas de produção e a absorção dos ácidos graxos voláteis, o que pode ocasionar diversos distúrbios, uma vez que os microrganismos sofrem influência de variações do pH (OWENS e GOETSCH, 1988). O aumento no fornecimento de grãos de cereais moídos resulta em alguns problemas, dentre os quais podem ser citadas a inadequada secreção de saliva, para manter o pH entre 6 e 7, e a inadequada estrutura física, para estimular a motilidade ruminal e a ruminação.

A redução do pH diminui a degradação da proteína, celulose, hemicelulose e pectina, tendo menor efeito sobre a digestão do amido (HOOVER e STOKES, 1991). Estudos *in vitro* indicam que a eficiência de síntese da proteína

microbiana pode diminuir significativamente, quando o pH é menor que 6 (STROBEL e RUSSELL, 1986).

ØRSKOV (1988) relatou que, em situações de pH abaixo de 6,2, houve redução na digestão da fibra, devido à sensibilidade das bactérias fibrolíticas, e o ponto ótimo da digestão da fibra ocorreu em valores de pH entre 6,7 e 7,1. Esta informação é importante, uma vez que não tem sido enfatizado o efeito do pH sobre a fermentação da fibra nas técnicas *in vitro*, contrariando as condições predominantes no rúmen-retículo.

Os objetivos do presente trabalho foram determinar o padrão nictemeral de variação do pH em caprinos, bem como a influência de níveis crescentes da relação volumoso:concentrado sobre o pH e a degradabilidade da fibra para diferentes forragens na alimentação de caprinos, e avaliar o efeito do pH sobre a digestibilidade *in vitro* da fibra.

Os artigos apresentados a seguir foram elaborados segundo as normas da Revista Brasileira de Zootecnia, com algumas adaptações às normas para feitura de tese da Universidade Federal de Viçosa.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Os animais ruminantes desenvolveram a habilidade para utilização de partes vegetativas das plantas como sua única fonte de nutrientes (JUNG e ALLEN, 1995), por meio da relação simbiótica com os microrganismos anaeróbicos, capazes de degradar os polissacarídeos que compõem a parede celular vegetal, os quais não são susceptíveis à hidrólise pelas enzimas secretadas no trato gastrointestinal dos mamíferos (HUNGATE, 1966).

O consumo voluntário de forragem é um ponto crítico determinante do desempenho animal, estando relacionado negativamente à concentração de FDN nos animais consumindo dietas com altos teores de forragem (JUNG e ALLEN, 1995).

Animais de alta produção têm elevada exigência em nutrientes, particularmente energia, para suportar os altos índices de produtividade, tornando-se necessária a inclusão de alimentos concentrados para o atendimento às exigências nutricionais, o que implica em redução na proporção de volumoso da dieta. Entretanto, os concentrados, quando usados em altas proporções na dieta, podem propiciar o aparecimento de distúrbios digestivos que comprometem a saúde animal e levam à redução do desempenho produtivo e do teor de gordura do leite (MERTENS, 1997).

Nos últimos anos, tem-se sugerido que somente a determinação do teor de fibra (FDN) não é suficiente para formulação de dietas para vacas de alta produção consumindo dietas ricas em grãos, recebendo menor proporção da fibra exigida a partir de forragens. Nessas circunstâncias, as características físicas da fibra, como o tamanho de partícula e a densidade, que estimulam a ruminação, a produção de saliva e a manutenção do padrão de fermentação ruminal, são de fundamental importância para o balanceamento destas dietas (MERTENS, 1997; VARGA, 1998).

As proporções dos diferentes componentes fibrosos são importantes para o entendimento da utilização de diversos alimentos pelos ruminantes, ao se considerar que estes componentes apresentam diferentes taxas de degradação ruminal, que dependem do grau de associação à lignina, podendo chegar à indisponibilidade completa ao longo do trato gastrointestinal.

MERTENS (1997) propôs que a FDN pode ser usada como ferramenta valiosa para estabelecer o limite superior na relação volumoso:concentrado para formulação de dietas para ruminantes. Entretanto, a formulação de rações baseadas na concentração de FDN não considera as diferenças associadas à cinética de digestão e passagem, ou às características físicas desse nutriente. Essas características se tornam críticas, quando a tentativa é definir o limite inferior na relação volumoso:concentrado para a formulação de dietas.

Ao se analisar a FDN de determinado alimento, além das características químicas, características físicas como o tamanho de partícula e a densidade, também, devem ser levadas em consideração, já que podem influenciar a fermentação ruminal, o metabolismo animal e a produção e composição do leite, além de interferir na saúde do animal. Dessa forma, presume-se que a FDN pode ser utilizada eficientemente para definir limites inferiores na relação volumoso:concentrado, quando misturas de forragens grosseiramente picadas e concentrados com baixos teores de fibra são utilizados na formulação de dietas para vacas leiteiras. Entretanto, a FDN é menos efetiva na formulação de rações, quando forragens finamente picadas ou fontes de fibra alternativas, originárias de resíduos agroindustriais, são utilizadas (MERTENS, 1997).

O grau de influência da fibra contida no rúmen é diminuída pela redução do tamanho de partícula, por meio da mastigação primária e a ruminação. Apesar de ter sido sugerido que a fermentação microbiana tem pouco efeito na redução do comprimento das partículas, sua ação facilita a redução do tamanho de partículas, durante a ruminação, por intermédio da colonização destas (WILSON, 1989).

Alguns estudos têm comparado forragens de diferentes maturidade, constatando-se que, com o aumento da maturidade, a concentração de fibra se eleva e a sua digestibilidade, geralmente, reduz (ROBINSON e McQUEEN, 1992). Os mesmos autores observaram ainda que a falta de respostas no consumo de matéria seca, com o incremento da digestibilidade da FDN, pode ser atribuída ao fato de a repleção ruminal não ser limitante à ingestão em algumas condições experimentais (MERTENS, 1993).

A extensão da digestibilidade da parede celular no rúmen é determinada pelo conteúdo da fração indigestível da fibra, da taxa de digestão da fração potencialmente digestível e do tempo de permanência das partículas do alimento no rúmen, o que, em última análise, afeta a ingestão de alimentos (MERTENS, 1988; JUNG e ALLEN, 1995). É lógico assumir que a redução do tamanho das partículas no rúmen é pré-requisito para a sua passagem, pois o tamanho das partículas nas fezes é pequeno, relativo às partículas de alimento consumido, visto que pouca redução no tamanho destas ocorre pós-ruminalmente (POPPI et al., 1980). Tem-se observado que a taxa de passagem das partículas aumenta exponencialmente com a redução do seu tamanho (JUNG e ALLEN, 1995).

A análise química da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) fornece útil descrição de forragens e outros alimentos. Entretanto, a utilização da FDN como única mensuração da contribuição da fibra de um alimento tem criado problemas, principalmente quando se consideram as forragens processadas em diferentes formas físicas e os subprodutos da agroindústria com altos teores de fibra. Estes alimentos contribuem com fibra na ração, mas sua participação é muito menor que as forragens longas (ARMENTANO e PEREIRA, 1997).

A fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe) é um atributo do alimento e, portanto, baseia-se na concentração de FDN e na sua relativa efetividade em promover a atividade mastigatória, ao contrário de outros conceitos, que são expressos como minutos de atividade mastigatória, por kg de matéria seca (MS). Estes, por sua vez, são atributos do alimento, que variam com a espécie, a raça, o tamanho e plano nutricional do animal, além do tamanho de partícula e da concentração de fibra na dieta (MERTENS, 1997).

MERTENS (1997) sugere que o valor fibroso, ou a efetividade da fibra, poderia estar relacionado à mensuração física do tamanho de partícula, combinada com a análise da FDN. Este conceito se baseia na hipótese de que somente as partículas da fibra grandes o bastante para requerer mastigação deveriam estar relacionadas à FDNfe. Para implementar este sistema, é necessário determinar o tamanho das partículas que são retidas no rúmen e estimulam a mastigação, ou verificar o tamanho das partículas que escapam do rúmen e não estimulam a mastigação, mesmo que contenham fibra.

A taxa de escape de partículas do rúmen pode ser usada para indicar o tamanho das partículas que são retidas no rúmen. DIXON e MILLIGAN (1981) relataram que as partículas retidas em peneiras com aberturas de 6,8; 4,9; 3,2; 2,0; 0,7; e 0,25 mm apresentaram taxas de passagem ruminal de 0,0004; 0,010; 0,025; 0,041; 0,048; e 0,059 h⁻¹, respectivamente, o que sugere que as partículas retidas em peneiras com aberturas de 3,2 mm ou maiores escapam do rúmen lentamente e necessitam de mastigação adicional.

POPPI et al. (1985) concluíram que as partículas retidas em peneiras com aberturas de 1,18 mm têm elevada resistência ao escape do rúmen, tanto em ovinos como caprinos. Cardoza, citado por MERTENS (1997), mensurando o tamanho de partículas nas fezes de vacas leiteiras alimentadas com 40 diferentes combinações de forragens e concentrados, observou que menos de 5% das partículas nas fezes foram retidos em peneiras com aberturas de 3,35 mm e as partículas das fezes com tamanhos médios foram retidos em peneiras com aberturas de 0,4 a 1,2 mm. Esta observação sugere que as partículas que passam

em peneiras com aberturas de 1,2 mm, escapam do rúmen rapidamente, provendo pouco estímulo à mastigação.

O método laboratorial proposto para estimar a FDNfe baseia-se em três suposições: a FDN é uniformemente distribuída em todas partículas do alimento; a atividade mastigatória é igual para todas partículas retidas em peneira de 1,18 mm; e a fragilidade não é diferente entre fontes de FDN (MERTENS, 1997). Isto sugere que a efetividade física da fibra esteja relacionada a diversos fatores, incluindo consumo de matéria seca, tamanho e forma da partícula, fragilidade, umidade, tipo de conservação do alimento e razão entre o tempo de ingestão e o tempo de ruminação.

A formulação de dietas baseada na concentração de FDN na MS da ração tem sido recomendada como um meio de estabelecer as exigências de fibra, devido à correlação positiva entre FDN e repleção ruminal e à negativa correlação entre FDN e densidade energética (VARGA, 1998).

O atendimento das exigências nutricionais de cabras leiteiras de alta produção somente com volumosos não é possível, em virtude da baixa densidade nutricional destes alimentos e da lenta taxa de degradação e passagem, o que limita o consumo. Dessa forma, torna-se necessário o aumento da utilização de alimentos concentrados, com conseqüente redução na concentração de volumosos nas dietas (NRC, 1981).

Observa-se que a ingestão de elevadas quantidades de carboidratos rapidamente degradados no rúmen, em dietas com baixa concentração em fibra, poderia acarretar em grande produção de ácidos graxos, diminuição da secreção de saliva, decréscimo do pH ruminal, redução da digestão da fibra, diminuição do consumo de matéria seca, redução da síntese de proteína microbiana e decréscimo da produção de gordura do leite, além de submeter o animal à acidose e à laminite (NOCEK, 1997). Portanto, quantidade mínima de fibra deve ser fornecida diariamente nas dietas, para garantir a estabilidade do ambiente ruminal e reduzir a incidência de queda do teor de gordura do leite e os distúrbios digestivos em animais de alta produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Energy and Protein requirements of ruminants**. Cambridge, Cambridge University Press: CAB International, 1993. 159p.

ARMENTANO, L., PEREIRA, M. Symposium: meeting the fiber requirements of dairy cows. Measuring the effectiveness of fiber by animal trials. **J. Dairy. Sci.**, v.80, p.1416-1425, 1997.

CLARK, J.M., KLUSMEYER, T.H., CAMERON, M.R. Symposium: nitrogen metabolism and amino acid nutrition in dairy cattle. **J. Dairy. Sci.**, v.75, n.8, p2304-23, 1992.

DIXON, R.M., MILLIGAN, L.P. Turnover of small particles in the rumen. **Can. J. Anim. Sci.**, v.61, p.1108, 1981.

FORBES, J.M., FRANCE, J. **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Wallingford: C.A.B. International, 1993. 515p.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE - Secretaria de Planejamento da Presidência da República - X Recenseamento Geral do Brasil. 1995. Vol 2, Tomo 3 nº 18 - Censo Agropecuário. Rio de Janeiro - IBGE, 1996.

- HARFOOT, C.G. Anatomy physiology and microbiology of the ruminant digestive tract. In: CHRISTIE, W.W. (Ed.) **Lipid metabolism in ruminant animals**. New York: Pergamon Press Inc. 1981. p.1-19.
- HOOVER, W.H., STOKES, S.R. Balancing carbohydrate and proteins for optimum rumen microbial yield. **J. Dairy Sci.**, v.74, n.10, p.3630-44, 1991.
- HUNGATE, R.E. **The rumen and its microbes**. New York: Academy Press, 1966.
- JUNG, H.G., ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **J. Anim. Sci.**, v.73, p.2774-2790, 1995.
- KOVACIK, A.M., LOERCH, S.C., DEHORITY, B.A. Effect of supplemental sodium bicarbonate on nutrient digestibilities and ruminal pH measured continuously. **J. Anim. Sci.**, v. 62, p.226-34, 1986.
- MATTOS, W.R.S. Qualidade da proteína dietética para vacas em lactação. In: MINI-SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, Campinas, 1988. **Anais...** Campinas, 1988, p.37-58.
- MERTENS, D.R. Balancing carbohydrates in dairy rations. In: **Large herd dairy management conference**. Ithaca: Cornell University/Department of Animal Science, 1988. p.150-61.
- MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. Chap. II. In: FORBES, J.M., FRANCE, J. (Eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Cambridge, Cambridge University Press: CAB International, 1993. p.13-51.
- MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **J. Dairy Sci.**, v.80, p.1463-1481, 1997.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of goat: angora, dairy, and meat goats in temperate and tropical countries**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1981. 91p.

- NOCEK, J.E. Bovine acidosis: implications on laminitis. **J. Dairy Sci.**, v.80, p.1005-1028, 1997.
- OWENS, F.N., GOETSCH, A.L. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D.C. (Ed.) **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs. O. & Books Inc., 1988. p.146-71.
- ØRSKOV, E.R. Starch digestion and utilization in ruminants. **J. Anim. Sci.**, v.63, n.5, p.1624-33, 1986.
- ØRSKOV, E.R. **Nutricion proteica de los ruminantes**. España, Acribia: Saragoza, 1988. 178p.
- POPPI, D.P., HENDRICKSEN, R.E., MINSON, D.J. The relative resistance to escape of leaf and stem particles from the rumen of cattle and sheep. **J. Agric. Sci.**, v.105, p.9, 1985.
- POPPI, D.P., MINSON, D.J., TERNOUTH. Studies of cattle and sheep eating leaf stem fractions of grasses. I. The voluntary intake, digestibility and retention time in the reticulo-rumen. **Aust. J. Agric. Res.**, v.32, p.99, 1980.
- ROBINSON, P.H. & McQUEEN, R.E. Influence of supplemental protein source and feeding frequency on rumen fermentation and performance in dairy cows. **J. Dairy Sci.**, v.77, n.5, p.1340-53, 1994.
- RODRIGUES, M.T. Uso de fibra em rações de ruminantes. In: CONGRESSO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ZOOTECNIA - CONEZ, Viçosa, 1998. **Anais...** Viçosa, p.139-72, 1998.
- SANCHES, L.N. **Nutrição e manejo alimentar de cabras leiteiras**. Informativo Técnico nº 2, CAPRILEITE - Associação Brasileira dos Criadores de Cabras Leiteiras. Belo Horizonte-MG. 1984. 50p.
- SNIFFEN, C.F., BEVERLY, R.W., MOONEY, C.S. Nutrient requirements versus supply in the dairy cow: strategies to account for variability. **J. Dairy Sci.**, v.76, n.10, p.3160-78, 1993.
- STROBEL, H.J., RUSSELL, J.B. Effect of pH and energy spilling on bacterial protein syntheses by carbohydrate limited cultures of mixed rumen bacteria. **J. Dairy Sci.**, v.69, n.10 p.2947, 1986.

- VAN SOEST, P.J., MERTENS, D.R. The use of neutral detergent fiber versus acid detergent fiber in balancing dairy rations. In: Technical Symposium, 1984. Fresno. **Proceedings**...Fresno: Monsanto - Nutrition Chemicals Division, 1984. p.75-92.
- VAN SOEST, P.J. Interactions of feeding behavior and forage composition. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GOATS, 4, Brasília, DF, 1987. **Proceedings**... Brasília, p.971-87, 1987.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed., Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VARGA, G.A., DANN, H.M., ISHLER, V.A. The use of fiber concentrations for ration formulation. **J. Dairy Sci.**, v.81, p.3063-3074, 1998.
- WILSON, J.R., McLEOD, M.N., MINSON, D.J. Particle size reduction of the leaves of a tropical and a temperate grass by cattle. I. Effect of chewing during eating and varying times of digestion. **Grass Forage Sci.**, v.44, p.55, 1989.

Padrão Nictemeral do pH Ruminal e Comportamento Alimentar de Cabras Leiteiras Alimentadas com Dietas Contendo Diferentes Relações Volumoso:Concentrado

Resumo - Os objetivos básicos do presente estudo foram a caracterização do padrão nictemeral do pH ruminal e a avaliação do comportamento alimentar de cabras leiteiras alimentadas com dietas compostas por diferentes relações volumoso:concentrado. Foram utilizadas cinco cabras, com peso médio de 58 kg, não-lactantes, não-gestantes, fistuladas no rúmen, em cinco períodos experimentais. Cada animal foi observado em cada um dos cinco tratamentos, que consistiram das relações volumoso:concentrado de 100:0, 80:20, 60:40, 40:60 e 20:80, em um delineamento em quadrado latino 5×5. As dietas foram fornecidas a cada 6 horas, buscando amenizar a variação dos níveis de pH ruminal, durante o período de 24 horas, para todos os tratamentos. Após a adaptação dos animais às dietas experimentais, estes foram observados por um período de 48 horas, no qual foi mensurado o pH ruminal a cada hora, bem como em outro período de mesma duração, em que se observou o comportamento a cada 10 minutos. Foi constatado que o nível de concentrado crescente resultou em decréscimo sobre o pH, cujos valores decresceram mais drasticamente em níveis acima de 60%. Observou-se também o efeito de tratamento sobre tempo de alimentação, ruminação e ócio. O tempo de alimentação foi maior para as dietas contendo valores acima de 60% de volumoso. A dieta contendo 100% de volumoso apresentou maior tempo de ruminação e menor ócio, seguida das dietas contendo 80 e 60% de volumoso, enquanto aquelas contendo 40 e 20% apresentaram menor tempo de ruminação e maior ócio.

Palavras-chave: caprinos, etologia, pH ruminal, fibra

Nictemeral Pattern of Ruminal pH and Feeding Behavior of Dairy Goats Fed Diets of Different Roughage to Concentrate Ratio

Abstract - The objectives of the present study were to characterize nictemeral pattern of ruminal pH and feed behavior of dairy goats fed diets presenting different ratios of roughage: concentrate. Five non pregnant non lactating goats, ruminally cannulated, and averaging 58 kg were used during the five experimental periods. 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. Diets were fed every 6h in order to reduce ruminal pH variation during the 24h period. After adaptation to experimental diets, a 48h period was given to measure ruminal pH hourly for 24h, to be used as a covariate, following a study of feeding behavior where measurement was taken at every 10 minutes for the remaining 24h period. It was observed that increasing level of concentrate resulted in reduction of pH, especially when concentrate accounted for more than 60%. Treatment effect was also observed on time spent eating, ruminating and idling. Time spent eating was greater as percentage of roughage in the diet increased, especially over 60%. Roughage content of 100% presented the highest value of rumination time and the lowest value for idle, following diets containing 80 e 60% respectively. There were no difference between diets containing 40 e 20% roughage, which presented the lowest value for rumination and the highest for idle time.

Key Words: goats, etology, ruminal pH, fiber

Introdução

Animais de alta produção apresentam maior exigência em nutrientes, particularmente de energia, para suportar os elevados índices de produtividade. A alimentação desses animais, baseada em volumosos, torna-se limitante, uma vez que estes alimentos apresentam baixa concentração em nutrientes por unidade de massa e, ainda, lenta taxa de degradação e escape, restringindo, por conseguinte, a ingestão. O consumo voluntário de forragem é um ponto crítico determinante do desempenho animal, e a concentração de parede celular tem sido relacionada negativamente à ingestão de alimentos por ruminantes consumindo dietas com elevados níveis de forragem (JUNG e ALLEN, 1995).

Dessa forma, torna-se necessária a inclusão de alimentos concentrados para o atendimento das exigências nutricionais, o que implica na redução da proporção de volumosos na dieta. Entretanto, quando se aumenta o teor de concentrados, podem aparecer distúrbios digestivos que comprometem a saúde animal, levando à redução do desempenho produtivo (MERTENS, 1997).

O pH ruminal é influenciado pelo tipo de alimento consumido e sua estabilização é atribuída, em grande parte, à saliva, que possui alto poder tamponante (OWENS e GOETSCH, 1988; VAN SOEST, 1994). A saliva sofre incremento em seu fluxo, devido ao estímulo da mastigação e ruminação, que resulta de reflexos iniciados por estímulos físicos das partículas grosseiras sobre a parede ruminal (HARFOOT, 1981; HOOVER e STOKES, 1991).

A redução do pH ruminal ocorre, principalmente, após a rápida digestão do alimento, em virtude de elevadas taxas de degradação, atingindo seu menor valor entre 0,5 e 4 horas após a alimentação (ØRSKOV, 1986). O fornecimento de grãos de cereais moídos acarreta alguns problemas, entre os quais se encontra a inadequada secreção de saliva para manter o pH entre 6 e 7, bem como a imprópria estrutura física para estimular a motilidade ruminal.

A redução do pH diminui a digestão da proteína, celulose, hemicelulose e pectina, tendo menor efeito sobre a digestão do amido (HOOVER e STOKES,

1991). Estudos *in vitro* indicam que a eficiência de síntese de proteína microbiana pode diminuir, quando o pH é menor que 6 (STROBEL e RUSSELL, 1986).

ØRSKOV (1988) relatou que, em situações de pH abaixo de 6,2, ocorreu redução na digestão da fibra, devido à sensibilidade das bactérias fibrolíticas, e o ponto ótimo da digestão da fibra ocorre em valores de pH entre 6,7 e 7,1. Esta informação é importante, uma vez que não tem sido enfatizado o efeito do pH sobre a fermentação da fibra nas técnicas *in vitro*, contrariando as condições predominantes no rúmen-retículo.

Os períodos de tempo gastos com a ingestão de alimentos são intercalados com um ou mais períodos de ruminação ou de ócio. O tempo gasto em ruminação é mais elevado à noite, mas os períodos de ruminação são ritmados também pelo fornecimento de alimento. Entretanto, existem diferenças entre indivíduos quanto à duração e à repartição das atividades de ingestão e ruminação, que parecem estar relacionadas ao apetite dos animais, a diferenças anatômicas e ao suprimento das exigências energéticas ou repleção ruminal, que seriam influenciadas pela relação volumoso:concentrado (FISCHER, 1998)

Buscou-se como objetivos do presente trabalho avaliar a influência de níveis crescentes da relação volumoso:concentrado sobre o pH ruminal, bem como traçar o padrão nictemeral desta variação e o comportamento alimentar de cabras leiteiras.

Material e Métodos

O presente trabalho foi realizado no Setor de Caprinocultura e no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de julho de 1998 a março de 1999.

Foram utilizadas cinco cabras da raça Alpina, com peso médio de 58 kg, não-prenhes, não-lactantes e fistuladas no rúmen. As cabras foram alojadas em

baías individuais de alvenaria, medindo 1,75 m × 1,20 m, com piso ripado em madeira, disponibilidade irrestrita de água e sal mineral e cocho ocupando 0,80 m da parte frontal, disposto centralmente.

Utilizou-se o delineamento estatístico em quadrado latino 5×5. As análises estatísticas dos dados foram realizadas utilizando o programa SAEG - Sistema de Análise Estatística e Genética (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV, 2000), bem como a determinação das equações de regressão. O modelo utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + C_j + P_k + e_{ijk}, \quad (1)$$

em que: μ é a média geral, T_i , o efeito do i -ésimo tratamento; C_j , o efeito do j -ésimo animal, P_k , o efeito do k -ésimo período; e e_{ijk} , o erro experimental.

Os animais receberam as dietas em mistura completa a cada 6 horas, para padronizar os intervalos das alimentações e possibilitar a caracterização da flutuação do pH ruminal.

As dietas foram isoprotéicas (12% PB), com níveis crescentes de concentrado (Tabela 1). As dietas foram pesadas antes do oferecimento e, semanalmente, o fornecimento, ajustado e as sobras, pesadas, buscando não haver mais de 10% de sobra nos cochos.

Cada período experimental consistiu de 15 dias.

O comportamento alimentar dos animais nas baias foi determinado pela quantificação dos intervalos de tempo em que os animais se encontravam nas fases de alimentação, ruminação e ócio, o que totalizou 144 observações em 24 horas. Estes dados foram analisados de acordo com o modelo descrito anteriormente, sendo o efeito de tratamento decomposto nos componentes linear, quadrático e cúbico, testados por meio de análise de variância.

O perfil nictemeral de variação do pH foi determinado por meio da medição do pH ruminal a cada hora, imediatamente após o fornecimento da alimentação, por um período de 24 horas. A interpretação dos perfis foi efetuada por meio de séries temporais para caracterização das alterações do pH ao longo do dia. Foi empregado o seguinte modelo:

$$Y_{ij}=A_0+ A_1\times\text{sen}(CT_{ij})+A_2\times\text{cos}(CT_{ij})+A_3\times\text{sen}(2CT_{ij})+A_4\times\text{cos}(2CT_{ij}) \quad (2)$$

em que Y_{ij} representa o potencial hidrogeniônico no tempo t_i ; C , uma fração constante do período fundamental, que corresponde a π radianos. h^{-1} ; T_{ij} , o tempo em horas; A_0 , o valor médio de pH; e A_1 a A_4 , as amplitudes dos picos e vales dos ciclos. O valor de C , sendo circadiano, é fixado em 0,1309 radianos por hora, correspondendo a 24 horas de um período fundamental (HOPPER et al., 1978). O valor da constante C para o presente trabalho foi calculado em 0,5236.

Tabela 1 - Composição das dietas experimentais, com base na matéria seca

Alimento		Relação volumoso:concentrado				
		(100:0)	(80:20)	(60:40)	(40:60)	(20:80)
Feno de tifton 85		100,00	80,00	60,00	40,00	20,00
Soja, farelo		00,00	2,09	4,18	6,27	8,36
Milho, fubá		00,00	17,91	35,82	53,73	71,64
MS (%)	90/89/87	90,01	89,44	88,88	88,33	87,77
PB (%)	12.02/45/8	12,02	12,02	12,02	12,03	12,04
EE (%)	1,49/3.3/1.3	1,49	1,49	1,50	1,51	1,51
NDT (%)	50/84/90	50,00	57,88	65,75	68,79	81,50
FDN (%)	72.3/12/9	72,30	59,25	47,10	34,51	21,91
Ca (%)	.51/.34/.04	0,51	0,43	0,33	0,24	0,16
P (%)	.32/.62/.29	0,32	0,32	0,32	0,33	0,32

Resultados e Discussão

A utilização de concentrados na alimentação de cabras leiteiras tem acarretado incremento significativo, em função do aumento de produtividade, o que, de certa forma, se contrapõe à característica principal dos ruminantes, que é a degradação de componentes da fibra dos alimentos, pela presença de microrganismos ruminais. A cabra, conforme definição de Hoffmann, é um ruminante intermediário, entre selecionadores de alimentos concentrados e

pastejadores, ou seja, busca na planta, por uma questão de seleção natural, as partes em que há maior concentração de nutrientes, em detrimento de outras partes mais fibrosas. Dessa forma, em condições naturais, alimenta-se de brotos, folhas de leguminosas, grãos, entre outros (VAN SOEST, 1994). Em virtude desta característica, fisiologicamente, a cabra apresenta maior taxa de passagem das partículas do alimento pelo trato gastrintestinal (VAN SOEST, 1987), o que pressupõe menor eficiência de degradação da fibra alimentar. Isto demonstra um processo de adaptabilidade ao meio, uma vez que estes animais, para sobreviverem à ação de seus predadores, não se expunham em pastejo, adaptando-se à seleção, principalmente, de pequenos arbustos.

Redução na relação volumoso:concentrado impõe condições aos animais que implicam modificação de seu comportamento, bem como do ambiente ruminal. Segundo MERTENS et al. (1997), os animais ruminantes requerem teor mínimo de fibra em sua dieta, para oferecer estímulo ruminal, de tal sorte que, em seus movimentos e contrações, permite ao animal o movimento antiperistáltico do esôfago, levando o bolo alimentar novamente a boca, onde o bolo alimentar sofre remastigação e estimula a liberação de saliva, que apresenta ação tamponante no rúmen, em virtude da concentração de bicarbonato presente em sua constituição.

Dessa forma, além da mudança de ordem fisiológica esperada, observam-se, também, outras de ordem comportamental, que constam da Figura 1.

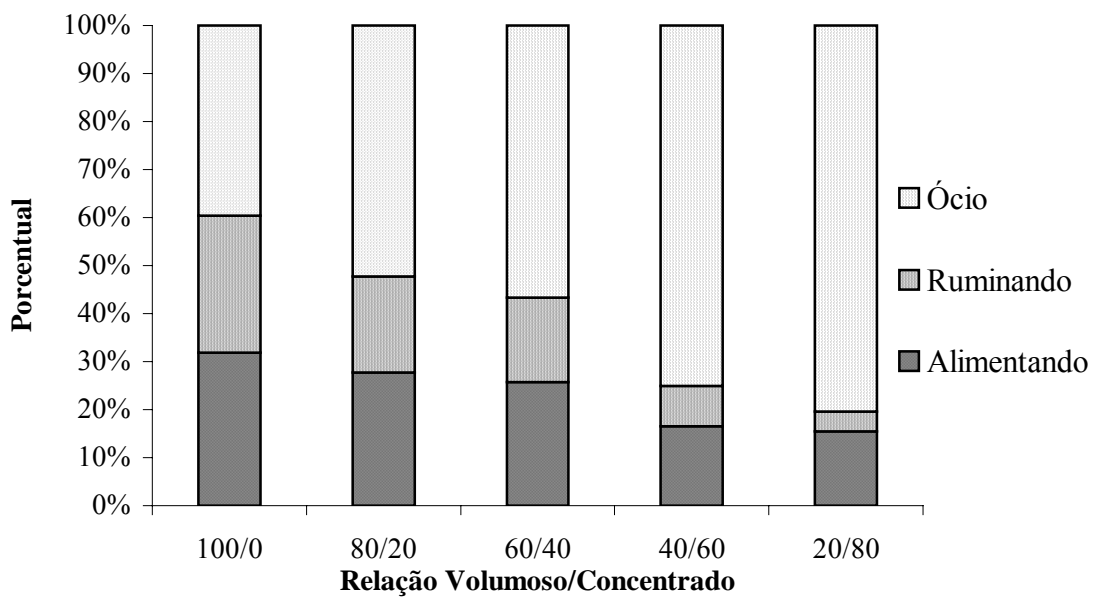


Figura 1 - Comportamento alimentar de cabras leiteiras submetidas a diferentes relações volumoso:concentrado, em valores percentuais, no período de 24 horas.

Animais alimentados com dietas variando entre 0 e 40% de concentrado apresentaram valores relativamente próximos para os tempos dedicados à alimentação, ruminação e ócio (Figura 1). Nota-se, nitidamente, redução no tempo de alimentação e, mais acentuadamente, no de ruminação, à medida que se elevou o concentrado na dieta. Em termos de distribuição do tempo, em horas por dia, evidencia-se, na Figura 2, que, após aplicada a análise de variância e usado um modelo de regressão, em todos os casos foram observados efeitos lineares, o que demonstrou a existência de correlação entre o teor de concentrado na dieta e o comportamento alimentar destes animais.

Observou-se que o aumento do nível de concentrado nas dietas resultou em menores tempos de alimentação e ruminação, em função da elevada densidade energética da dieta; conseqüentemente, foi maior o tempo de ócio. Isto se deve ao fato de a baixa concentração de fibra dietética não ter estimulado a ruminação (VAN SOEST, 1987). Pode-se inferir, por conseguinte, que, com a diminuição da ruminação, a ensalivação deverá ser reduzida, o que implica na não-manutenção das condições ruminais e, principalmente, na redução das bactérias fibrolíticas, o que provoca mudanças bastante significativas no processo digestório, como a produção acentuada de ácido lático e acidose subclínica, entre outros distúrbios metabólicos. Todavia, os caprinos apresentam maior capacidade de consumo de concentrado que outros ruminantes, pois adaptaram-se a esta condição durante seu processo evolutivo (GIHAD et al., 1980).

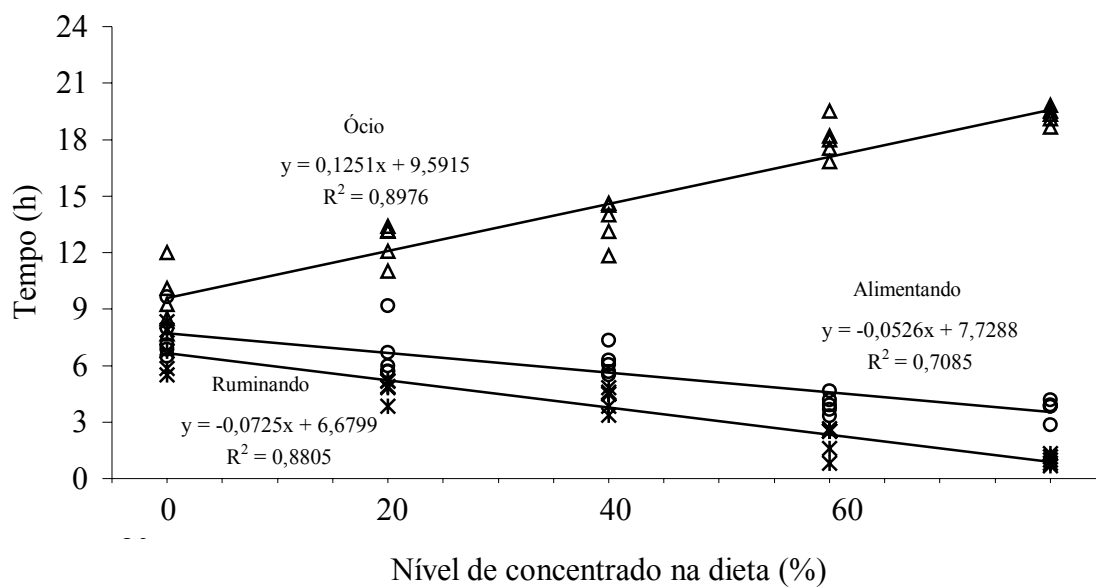


Figura 2 - Equações de regressão para o comportamento alimentar, em cabras leiteiras em diferentes relações volumoso:concentrado.

Após a tentativa de ajuste de um modelo destinado à descrição de perfis de séries temporais, verificou-se que, em dietas exclusivamente volumosas, não houve alterações no pH que pudessem ser explicadas pelo modelo descrito na Equação 2 (Tabela 2; Figura 3). Nota-se uma dispersão dos pontos totalmente aleatória, o que faz com que a equação estabeleça quase uma reta, entremeada pela nuvem de pontos. Contudo, o ajuste para os níveis de concentrado demonstrou, gradativamente, progressiva adequação do modelo aos dados observados, em função do aumento dos teores de concentrado, com picos e vales bem caracterizados. O pH atingiu seu ponto mínimo entre 2 e 4 horas após cada alimentação, possivelmente devido à maior taxa de produção de ácidos graxos voláteis, provenientes da fermentação da fração não-fibrosa do alimento (Van SOEST, 1994), o que coincide com valores observados por ØRSKOV (1986).

Tabela 2 - Equações obtidas a partir do modelo de série temporal, por tratamento

Trat. ¹	Regressão	R ²
100:0	$\hat{Y} = 7,13 + 0,0063\text{sen}(CT_{ij}) + 0,0059\text{cos}(CT_{ij}) + 0,0099\text{sen}(2 \times CT_{ij}) - 0,0018\text{cos}(2 \times CT_{ij})$	0,03
80:20	$\hat{Y} = 6,68 + 0,0002\text{sen}(CT_{ij}) + 0,0023\text{cos}(CT_{ij}) - 0,0041\text{sen}(2 \times CT_{ij}) + 0,0346\text{cos}(2 \times CT_{ij})$	0,04
60:40	$\hat{Y} = 6,57 - 0,0123\text{sen}(CT_{ij}) + 0,0084\text{cos}(CT_{ij}) - 0,0160\text{sen}(2 \times CT_{ij}) + 0,0586\text{cos}(2 \times CT_{ij})$	0,08
40:60	$\hat{Y} = 6,09 + 0,0096\text{sen}(CT_{ij}) + 0,0162\text{cos}(CT_{ij}) - 0,0317\text{sen}(2 \times CT_{ij}) + 0,0507\text{cos}(2 \times CT_{ij})$	0,23
20:80	$\hat{Y} = 5,75 - 0,0080\text{sen}(CT_{ij}) - 0,0135\text{cos}(CT_{ij}) - 0,0001\text{sen}(2 \times CT_{ij}) + 0,0568\text{cos}(2 \times CT_{ij})$	0,44

¹ Relação volumoso:concentrado.

Observou-se que a capacidade de tamponamento das cabras submetidas ao tratamento com fornecimento exclusivo de volumoso foi extremamente eficiente, não havendo efetivamente qualquer tendência de oscilação. A tendência predita pelo modelo pode ser vista na Figura 3, em que se obteve, pela dispersão acentuada dos pontos, r² de 0,03, o que efetivamente não pode ser interpretado como comportamento periódico.

Os demais tratamentos apresentaram aumento gradativo no grau de explicação da variação observada nos perfis pelo ajuste do modelo, à medida que se diminuiu o nível da forragem na dieta. Contudo, estes valores são baixos para que o modelo explique os pontos obtidos ($r^2 = 0,04; 0,08; 0,23; e 0,44$, respectivamente, para as relações volumoso:concentrado 80:20, 60:40, 40:60 e 20:80). Talvez, se a alimentação fosse oferecida em condições de manejo convencional, ou seja, duas vezes ao dia, houvesse maior delimitação dos ciclos, caracterizando melhor o padrão, como o observado em ovinos por FISCHER et al (1998), uma vez que os períodos de ruminação são afetados também pela oferta dos alimentos (JASTER e MURPHY, 1983).

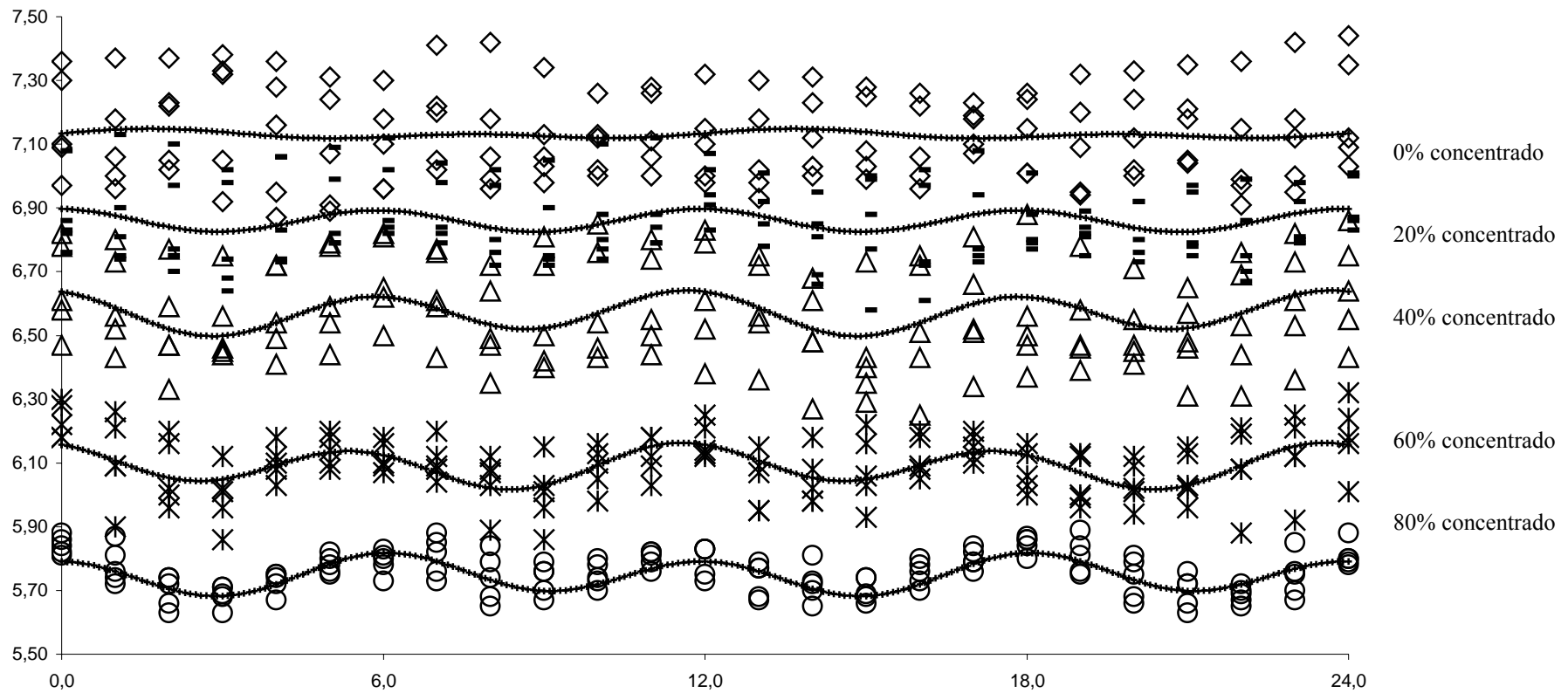


Figura 3 - Dispersão dos pontos, por tratamento (0, 20, 40, 60 e 80% de concentrado na dieta), e curvas do padrão nictemeral do pH ruminal, determinadas pelo método de série temporal.

A variação de pH observada durante o período de 24 horas para cada tratamento foi analisada com base nas médias por tratamento, em cada interação animal \times período. Foi observado decréscimo quadrático ($P < 0,05$) do nível de concentrado sobre o pH ruminal (Figura 4), o que pode ser explicado pela menor atividade de ruminação observada para estes tratamentos, que induz à redução da secreção salivar, importante na manutenção da atividade tamponante, responsável pelo controle do pH ruminal (VAN SOEST, 1994).

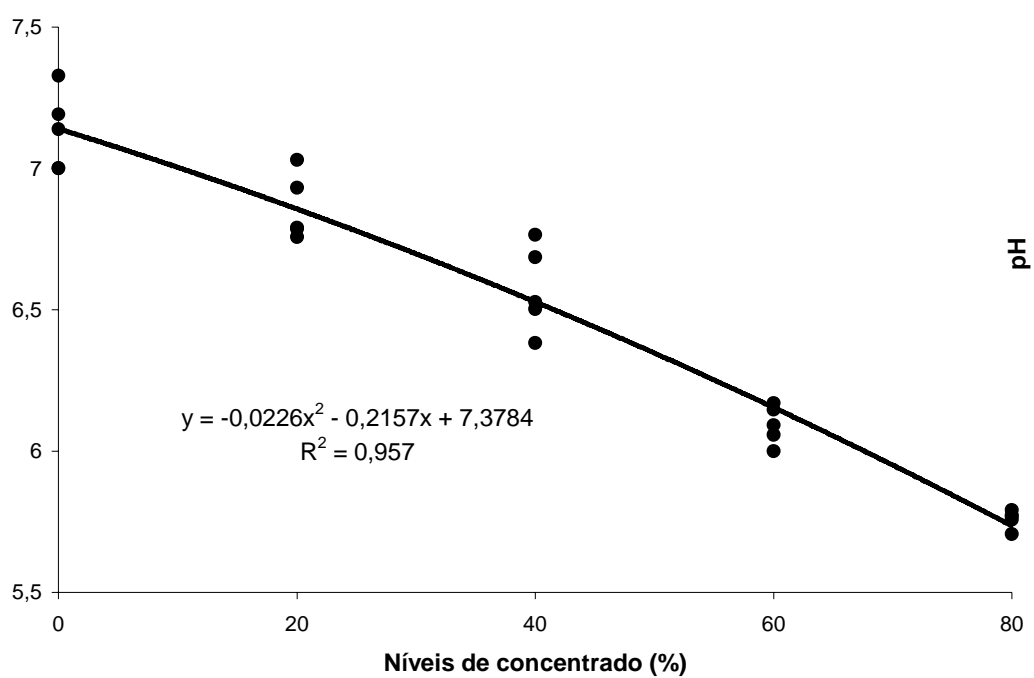


Figura 4 - Equação de regressão estimada e valores observados do pH ruminal, em função da relação volumoso:concentrado.

Da mesma forma, verificou-se que o consumo de matéria seca (CMS), bem como de fibra em detergente neutro (CFDN), foi influenciado pela relação volumoso:concentrado, conforme pode ser observado na Tabela 3. Avaliando-se estes valores, observa-se que, na busca do atendimento nutricional, tenha havido controle fisiológico, limitando o consumo, ao ser atingido o requerimento energético, uma vez que os animais alimentados com dieta contendo maior teor de concentrado apresentaram menor consumo. Por outro lado, a maior ingestão em valores absolutos, bem como em termos percentuais do peso vivo, sugere não ter havido limitação física, já que os animais não atingiram estágio de repleção ruminal.

Tabela 3 - Consumo médio diário de matéria seca (CMS) e fibra em detergente neutro (CFDN), em kg e porcentual do peso vivo (%PV)

Relação V:C	CMS (kg)	CMS (%PV)	CFDN (kg)	CFDN (%PV)
100:0	2,39	4,12	1,73	2,98
80:20	2,35	4,05	1,34	2,31
60:40	2,33	4,01	1,01	1,74
40:60	2,24	3,87	0,65	1,12
20:80	2,07	3,57	0,30	0,52

O consumo de FDN neste experimento sugere que, para caprinos, os valores observados por MERTENS (1987, 1988 e 1997), para bovinos, não são aplicáveis, uma vez que os animais, apesar de não estarem em lactação, porém ingerindo alimentação exclusivamente volumosa, chegaram a consumir valores 2,5 vezes maiores que os preconizados por aquele autor. Este fato pode ser justificado por maior taxa de passagem observada em caprinos, como as relatadas por SILANIKOVE et al. (1993), que observaram em animais da raça Saanen, em condições semelhantes às apresentadas neste experimento, valores na ordem de 3,164%/h. Outro fator favorável por este maior consumo poderia ser o fracionamento do fornecimento da dieta em quatro refeições diárias.

As análises de variâncias decompostas em polinômios ortogonais possibilitaram a obtenção das equações, conforme a Tabela 4, que demonstram, por meio de regressões, nítida influência na relação volumoso:concentrado sobre a ingestão de MS e FDN.

Tabela 4 - Modelo de regressão obtido pela análise de variância para CMS e CFDN, em kg e porcentual do peso vivo

	Equação de regressão	r^2	CV
CMS (kg)	$y = -0,0038x + 2,426$	0,86	2,51
CMS (%PV)	$y = -0,0064x + 4,18$	0,86	3,29
CFDN (kg)	$y = -0,0177x + 1,7153$	0,99	2,48
CFDN (%PV)	$y = -0,0306x + 2,956$	0,99	2,84

Conclusões

O aumento do nível de concentrado resultou na definição gradual de uma periodização no perfil nictemeral do pH ruminal das cabras. Este incremento reduziu o tempo dedicado ao consumo de matéria seca e à ruminação, em função dos menores teores de fibra, para estimular as funções ruminais, e prolongou a ociosidade, pela maior densidade energética da dieta, o que aumentou o período da saciedade dos animais.

Referências Bibliográficas

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. 1993. *Energy and protein requirements of ruminants*. Cambridge: CAB International. 159p.
- CLARK, J.M., KLUSMEYER, T.H., CAMERON, M.R. 1992. Symposium: Nitrogen metabolism and amino acid nutrition in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 75(8):2304-2323.
- FORBES, J.M., FRANCE, J. 1993. *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Wallingford: C.A.B. International. 515p.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 1996. Secretaria de Planejamento da Presidência da República - *X Recenseamento Geral do Brasil*. 1995. Volume 2, Tomo 3, Número 18 - Censo Agropecuário. Rio de Janeiro - IBGE.
- HARFOOT, C.G. 1981. Anatomy physiology and microbiology of the ruminant digestive tract. In: CHRISTIE, W.W. (Ed.) *Lipid metabolism in ruminant animals*. New York: Pergamon Press Inc. p.1-19.
- HOOVER, W.H., STOKES, S.R. 1991. Balancing carbohydrate and proteins for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci.*, 74(10):3630-3644.
- JUNG, H.G., ALLEN, M.S. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.*, 73(7):2774-2790.
- KOVACIK, A.M., LOERCH, S.C., DEHORITY, B.A. 1986. Effect of supplemental sodium bicarbonate on nutrient digestibilities and ruminal pH measured continuously. *J. Anim. Sci.*, 62(2):226-234.
- MATTOS, W.R.S. Qualidade da proteína dietética para vacas em lactação. In: MINI-SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, Campinas, 1988. *Anais...* Campinas, 1988. p.37-58.
- MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal functions. *J. Anim. Sci.*, 64(5):1548-1558.
- MERTENS, D.R. Balancing Carbohydrates in dairy rations. In: LARGE HERD DAIRY MANAGEMENT CONFERENCE, Ithaca, 1995. *Proceedings...*

- Ithaca: Cornell University, Department of Animal Science, Cornell, 1988. p.150-161.
- MERTENS, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 80(5):1463-1481.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. 1981. *Nutrients requirements of goat: angora, dairy, and meat goats in temperate and tropical countries*. Washington, DC: National Academy Press. 91p.
- OWENS, F.N., GOETSCH, A.L. 1988. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D.C. (Ed.) *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs: O. & Books Inc. p.146-171.
- ØRSKOV, E.R. 1986. Starch digestion and utilization in ruminants. *J. Anim. Sci.*, 63(5):1624-1633.
- ØRSKOV, E.R. 1988. *Nutricion proteica de los ruminantes*. Saragoza, España: Ed. Acribia. 178p.
- ROBINSON, P.H., TAMMINGA, S., VAN KEUREN, A.M. 1986. Influence of declining level of feed intake and varying the proportion of starch in the concentrate on rumen fermentation in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.*, 15(2):173-189.
- ROBINSON, P.H., McQUEEN, R.E. 1994. Influence of supplemental protein source and feeding frequency on rumen fermentation and performance in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 77(5):1340-1353.
- SANCHES, L.N. 1984. *Nutrição e manejo alimentar de cabras leiteiras*. Belo Horizonte: CAPRILEITE - Associação Brasileira dos Criadores de Cabras Leiteiras. 50p.
- SILANIKOVE, N., TAGARI, H., SHKOLNIK, A. 1993. Comparison of rate of passage, fermentation rate and efficiency of digestion of high fiber diet in desert Bedouin goats compared to Swiss Saanen goats. *Small Rum. Res.*, 12(1):45-60.
- SNIFFEN, C.F., BEVERLY, R.W., MOONEY, C.S. 1993. Nutrient requirements versus supply in the dairy cow: strategies to account for variability. *J. Dairy Sci.*, 76(10):3160-3178.

- STROBEL, H.J., RUSSELL, J.B. 1986. Effect of pH and energy spilling on bacterial protein syntheses by carbohydrate limited cultures of mixed rumen bacteria. *J. Dairy Sci.*, 69(10):2947-2959.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. 2000. SAEG - *Sistema de análises estatísticas e genéticas*. Versão 8.0. Viçosa, MG. 142p. (Manual do usuário).
- VAN SOEST, P.J., MERTENS, D.R. The use of neutral detergent fiber versus acid detergent fiber in balancing dairy rations. In: TECHNICAL SYMPOSIUM, Fresno, 1984. *Proceedings...* Fresno: Monsanto - Nutrition Chemicals Division, 1984. p. 75-92.
- VAN SOEST, P.J. Interactions of feeding behavior and forage composition. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GOATS, 4, Brasília, 1987. *Proceedings ...* Brasília, 1987, p.971-87.
- VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press. 476p.

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:Concentrado

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 5×5. 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 estimate 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 dos alimentos para o arraçamento dos animais domésticos tem evoluído consideravelmente, contudo, informações concernentes à caprinocultura ainda são escassas. Nos últimos anos, todavia, a atividade tem apresentado expressivo crescimento, justificando aplicações de recursos em pesquisas, face à importância econômica.

Os carboidratos compreendem o grupo de compostos 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 a principal causa 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 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 endo-simbiótica 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 (BALDWIN e ALLISON, 1983; NOCEK e RUSSELL, 1988; NOCEK e TAMMINGA, 1991; RUSSELL, 1992; e RUSSELL et al., 1992).

Com base nas observações de WILKINS (1969), ao verificar que certa quantidade de celulose permanecia não-degradada após sete dias de incubação ruminal, Waldo, 1970, 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 (VAN KEUREN e HEINAMANN, 1962; 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. Um modelo matemático compõe-se de um conjunto de equações ou de expressões matemáticas, desenvolvido com a finalidade de representar, de forma aproximada, o comportamento de um sistema (MERTENS, 1976).

São diversos os modelos desenvolvidos para descrever os eventos digestivos que ocorrem no rúmen. Alguns abordam a quantificação de processos totais ou parciais da digestão ruminal e outros são complexos modelos de simulação, nos quais se considera o rúmen de forma global.

Os objetivos básicos do presente estudo foram a obtenção dos perfis de degradação da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) para a caracterização 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 kg \pm 2,75, 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 no capítulo anterior (GONÇALVES, 2000).

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 μ m, para a confecção das bolsas, cujas dimensões foram de 6,5 cm x 4,0 cm, 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.

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

Alimento	Nutrientes						
	MS	PB	FDN	CHOs	Cinzas	Ca	P
Alimento utilizado na dieta							
Feno	90,01	12,02	72,30	8,02	6,23	0,51	0,32
Alimentos utilizados na incubação							
Capim-elefante (Cv. mineiro)	21,01	8,62	67,12	10,40	2,45	0,60	0,28
Feno alfafa	91,04	19,24	48,26	25,32	9,05	1,58	0,12
Feno Tifton 85	89,02	9,28	72,30	6,12	6,81	0,39	0,18
Silagem de milho	31,88	7,48	52,30	28,41	1,19	0,22	0,26

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 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 a ser testado, 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 (\varnothing médio dos poros entre 40 e 60 μm), 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).

$$R(t) = D(0) \times \left(\frac{c \times \exp(-p \times t) - p \times \exp(-c \times t)}{c - p} \right) + I(0)$$

em que R(t) corresponde ao resíduo de incubação (%), após determinado tempo, t (h); D(0) refere-se 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.

O presente trabalho vem colaborar para a construção de um banco de dados que, futuramente, poderá ser útil na formulação de rações para ruminantes ingerindo alimentos produzidos em condições tropicais.

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 (1996), a proposta da inacessibilidade dos microrganismos fibrolíticos aos tecidos vegetais descrita por WILSON (1994), 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 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.

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 pH

Parâmetro estudado	Valores do pH									
	7,05	6,85	6,55	6,20	5,85	7,05	6,85	6,55	6,20	5,85
	MS IS					MS IV				
A	48,47	52,54	55,29	50,51	48,03	46,51	48,86	50,47	48,05	46,08
B	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
	FDN IS					FDN IV				
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	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 (%).

B - 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}).

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 pH

Parâmetro estudado	Valores do pH									
	7,05	6,85	6,55	6,20	5,85	7,05	6,85	6,55	6,20	5,85
	MS IS					MS IV				
A	35,87	36,49	37,60	35,87	34,48	33,47	35,19	35,75	34,14	32,79
B	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
	FDN IS					FDN IV				
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	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 (%).
 B - 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 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 (VARGA e HOOVER, 1983; SNIFFEN et al., 1992; e MALAFAIA, 1996), 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 forma, não se recomenda o emprego de testes estatísticos para diferenciar tais parâmetros.

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 pH

Parâmetro estudado	Valores do pH									
	7,05	6,85	6,55	6,20	5,85	7,05	6,85	6,55	6,20	5,85
	MS IS					MS IV				
A	26,94	28,81	30,88	26,81	22,95	16,47	18,59	19,64	23,35	19,77
B	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
	FDN IS					FDN IV				
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	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 (%).

B - 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}).

GRANT et al. (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.

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 pH

Parâmetro estudado	Valores do pH									
	7,05	6,85	6,55	6,20	5,85	7,05	6,85	6,55	6,20	5,85
	MS IS					MS IV				
A	56,52	58,01	57,39	58,07	57,88	46,67	49,96	56,98	56,52	49,08
B	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
	FDN IS					FDN IV				
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	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 (%).
 B - 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}).

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 et al. (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. 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 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*, 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.

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 85 e silagem de milho, por intermédio de técnicas *in situ* (IS) e *in vitro* (IV)

	R ²	p	cv	Regressão
Feno de alfafa - FDN IS				
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				
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				
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				
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				
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				
DE	0,99	0,00000	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				
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				
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	$\hat{Y} = 0,815162-0,00294881X+0,0002689X^2$

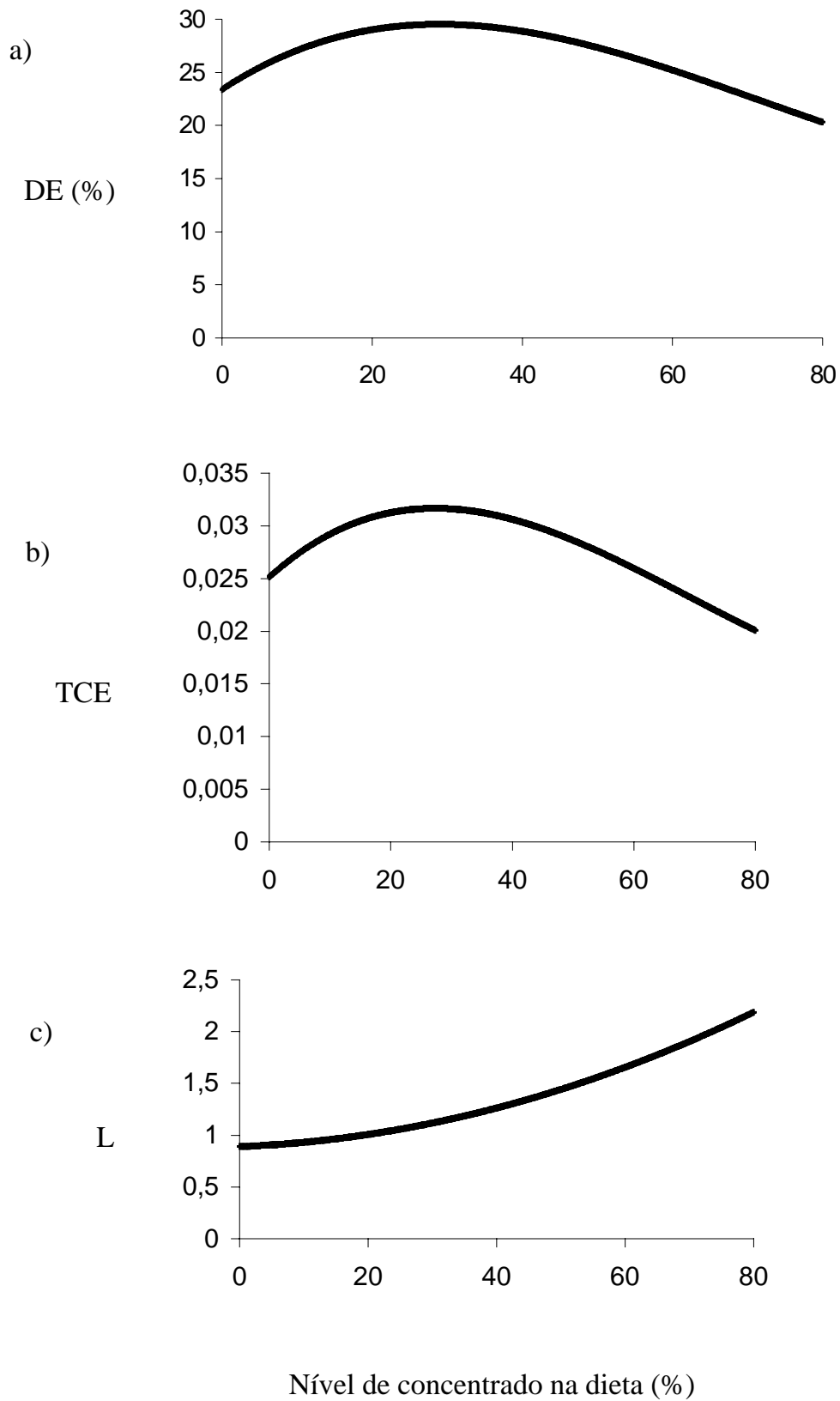


Figura 1 - Estimativa do comportamento da variável DE (a), TCE (b) e L (c), em função do aumento do nível de concentrado na dieta.

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. 1996. 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., TEIXEIRA, M.R. et al. 2000. Padrão nictemeral do pH ruminal e comportamento alimentar de cabras leiteiras alimentadas com dietas contendo diferentes relações volumoso: concentrado. *Rev. bras. zootec.* (no prelo)
- 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. *Livest. 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.
- McDOUGALL, G.J., MORRISON, I.M., STEWART, D. et al. 1997. Plant cell walls as dietary fiber: range, structure and function. *J. Sci. Food Agric.*, 70(1):133.
- 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.*, v.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., VAN SOEST, P.J., SNIFFEN, C.J. 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., FOX, D.G., RUSSELL, J.B. 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.

Cinética de Degradação de Alguns Volumosos Usados na Alimentação de Cabras Leiteiras por Intermédio da Técnica de Produção de Gases sob Diferentes Níveis de pH

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. Os parâmetros cinéticos da degradação ruminal da matéria seca e da fibra em detergente neutro destes volumosos, submetidos a diferentes níveis de pH, foram estimados por meio de incubações anaeróbicas, usando as técnicas da produção cumulativa de gases e de subtração de curvas e contrastado com os resultados obtidos por intermédio das técnicas *in situ* e *in vitro*, para os parâmetros de degradabilidade específica (DE) e taxa de digestão da fração insolúvel potencialmente digerível (c). A interpretação cinética foi feita pelo modelo logístico $V(t) = V_f / (1 + \exp(2 + 4c(L - T)))$. No ensaio de digestibilidade, utilizou-se o tampão de McDougall, adaptado por Gonzáles, ajustado com solução de ácido cítrico 1 M, para os pHs observados nos animais, conforme a relação volumoso:concentrado (100:0, 80:20, 60:40, 40:60 e 20:80). Observou-se comportamento similar nas curvas da degradabilidade específica, bem como para a taxa de digestão da fração insolúvel potencialmente digerível, o que confirma a interferência do nível do pH sobre os parâmetros relativos à cinética de degradação ruminal dos carboidratos. As leituras de produção de gás resultaram em menores coeficientes de variação para a cinética de degradação da MS, mas apresentaram valores inferiores aos obtidos pelas técnicas *in situ* e *in vitro*. Já para a FDN, mostraram valores e comportamento bem próximos dos obtidos pelas outras técnicas. Conclui-se que as estimativas das taxas de degradação ruminal da FDN podem ser realizadas precisamente pela técnica da produção de gás.

Palavras-chave: técnica metabólica, degradação da fibra

Degradation Kinetics of Forages Fed to Dairy Goats by Using the Gas Production Approach under Different pH levels

Abstract - The objectives of the present study were to characterize and estimate parameters of kinetics of carbohydrate degradation using alfalfa hay, elephant grass, tifton 85, and corn silage, fed to dairy goats under different forage: concentrate ratio. Kinetic parameters of dry matter and neutral detergent fiber degradation at different pH values were estimated by using cumulative gas production technique and their values contrasted with those obtained by both *in vitro* and *in situ* studies. Kinetic interpretation for specific degradability, rate of degradation and the potentially digestible insoluble fraction was done by using the logistic model $V(t) = V_f / (1 + \exp(2 + 4c(L - T)))$. 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 to concentrate ratio studied of 100:0, 80:20, 60:40, 40:60 e 20:80. Similar pattern was found for extent and rate of degradation of the potentially digestible insoluble fraction which confirm the interference of pH on kinetic parameter of carbohydrates in the rumen. Gas production approach yielded the lowest variation coefficient for the values of dry matter degradation but lower figures were found as compared to both *in situ* and *in vitro* techniques. Similar values were found for NDF as the three approaches were compared and it was suggested that they can be used interchangeably to precisely estimate NDF degradation.

Key Words: metabolic technique, fiber degradation

Introdução

Os carboidratos são a principal reserva da energia contida nas plantas, constituindo 50 a 80% da matéria seca das forrageiras e dos cereais (VAN SOEST, 1994). Para os ruminantes, representam a principal fonte de energia para manutenção de suas funções fisiológicas, devido à fermentação microbiana, convertendo-os em ácidos graxos voláteis (AGVs).

O sistema *The Cornell Net Carbohydrate and Protein System* (CNCPS) classifica os carboidratos totais, em conformidade com suas taxas de digestão, em fração A (açúcares solúveis), que é prontamente fermentada no rúmen; fração B₁ (amido e pectina), que apresenta taxa intermediária de digestão; fração B₂ (celulose e hemicelulose), correspondendo à fração lenta e potencialmente digerível da parede celular; e fração C, representada pela porção indigerível ao longo do TGI (SNIFFEN et al., 1992).

Os açúcares solúveis em água – amido e pectina – são rápida e completamente digeríveis no TGI. Contudo, a celulose e hemicelulose, basicamente, são lenta e parcialmente disponíveis, além de ocuparem espaço no trato gastrintestinal (TGI), uma vez que compreendem os polímeros, que compõem a parede celular vegetal, juntamente com a lignina, desempenhando funções de sustentação e proteção. Por este motivo, poderiam ser classificados como carboidratos não-estruturais (CNE) e estruturais (CE), de acordo com o seu comportamento no TGI (MERTENS, 1987; MERTENS, 1996).

Em relação à sua solubilidade, os alimentos utilizados nas rações para ruminantes podem ser divididos nas frações solúveis em tampões aquosos ou nas soluções de detergente neutro, bem como nas frações insolúveis nestes solventes (SCHOFIELD e PELL, 1995). A fração solúvel em detergente neutro é constituída de amido, pectina, açúcares simples, compostos nitrogenados, lipídios e minerais, enquanto a fração insolúvel em detergente neutro enquadra a celulose, a hemicelulose e a lignina (VAN SOEST, 1994). A importância do conhecimento da quantidade e da dinâmica de degradação ruminal destas frações reside no fato

destas proporcionarem diferenças significativas na produção de AGVs e no crescimento microbiano ruminal (SCHOFIELD e PELL, 1995).

A procura por métodos acurados, simples e rápidos, para estimar a qualidade dos alimentos, tem sido objetivo de investigações na nutrição de ruminantes (PELL e SCHOFIELD, 1993). As técnicas de avaliação dos parâmetros cinéticos da degradação ruminal dos alimentos compreendem estudos sobre o desaparecimento da massa de amostra incubada ou a quantificação dos produtos finais da atividade microbiana, durante o período de incubação, com os microrganismos ruminais (PELL et al., 1994).

O conhecimento da digestão ruminal dos carboidratos solúveis é escasso, pois o método *in situ*, convencionalmente usado para estimar os parâmetros cinéticos da degradação ruminal, mede o desaparecimento gravimétrico da fração insolúvel do alimento (SCHOFIELD e PELL, 1995). Dessa forma, apenas empregando-se produção microbiana de gases, é possível estimar os parâmetros cinéticos da degradação dos carboidratos solúveis.

A técnica *in situ* permite o contato íntimo do alimento-teste com o ambiente ruminal, não existindo melhor forma de simulação do ambiente ruminal, embora o alimento não esteja sujeito a todos os eventos digestivos (VAN SOEST, 1994). Essa técnica requer a utilização de animais fistulados no rúmen, para que as bolsas sejam incubadas por determinados períodos de tempo. A determinação do valor nutritivo *in situ* permite obter valores mais próximos dos encontrados nos ensaios *in vivo* (NOCEK, 1988; MERTENS, 1993). Os maiores problemas encontrados neste método são a ação filtrante do tecido de náilon, que permite a passagem de pequenas partículas em ambos sentidos, e a manutenção de animais canulados; além disso, o método *in situ* apresenta maior variação, quando comparado ao sistema *in vitro* (VAN SOEST, 1994).

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 se manterem animais fistulados. A maioria dos métodos *in vitro*, no entanto, pode apresentar falhas, por não se utilizarem adequadamente o inóculo, os tampões, ou os equipamentos que garantam as condições de pH, anaerobiose,

biomassa microbiana e nutrientes essenciais para a mesma (VAN SOEST, 1994). A principal desvantagem do método *in vitro* é não reproduzir o ambiente ruminal.

A taxa de degradação da fração fibrosa, apesar de ser normalmente obtida a partir de técnicas gravimétricas, apresenta limitações, pois são laboriosas, além de apresentarem baixa repetibilidade e não permitirem a determinação das taxas de digestão da fração solúvel dos alimentos, uma vez que as alterações da massa incubada nos tempos iniciais de fermentação são relativamente pequenas, o que dificulta a sua mensuração (SCHOFIELD et al., 1994). Devido às limitações impostas por estas técnicas, o método que mensura a produção cumulativa dos gases tem sido utilizado com sucesso para estimativa das taxas de digestão das frações solúveis e insolúveis dos carboidratos, com base no princípio de que os gases produzidos são oriundos do metabolismo microbiano, a partir da fermentação do material incubado (PELL e SCHOFIELD, 1993; MALAFAIA et al., 1998). A técnica consiste na incubação do alimento a ser testado, acrescido de líquido de rúmen e meio tamponado, em frascos hermeticamente fechados, nos quais, ao longo do tempo, são realizadas leituras de pressão e, ou, volume dos gases produzidos no processo fermentativo.

THEODOROU et al. (1994) desenvolveram uma metodologia mais sensível para estimar a taxa de degradação ruminal dos nutrientes, destacando-se hoje os sistemas computadorizados (PELL e SCHOFIELD, 1993), semi-automatizados (THEODOROU et al., 1994) e manométricos (MALAFAIA et al., 1998). As maiores vantagens da técnica, segundo os autores citados, são a não-destruição da amostra em cada tempo, o que torna a técnica menos laboriosa, não necessitando de grandes quantidades de amostra, e a detecção da contribuição das frações solúveis dos alimentos, o que é de grande interesse, porque esta fração contribui energeticamente para o rápido crescimento microbiano no rúmen, principalmente nos tempos iniciais de digestão.

PELL et al. (1994) também relataram limitações da técnica de produção de gás, que estão relacionadas à contribuição do CO₂ resultante do bicarbonato contido no meio de cultura, à deficiência em nutrientes essenciais ao crescimento microbiano poder resultar em estimativas menos exatas e ao fato de a

interpretação dos dados de produção cumulativa de gás exigir modelos matemáticos mais complexos que os utilizados na interpretação dos dados gravimétricos de desaparecimento dos nutrientes.

Considerando que os carboidratos são a principal fonte de energia para o crescimento microbiano e a proteína microbiana, a principal fonte de aminoácidos para o hospedeiro, as variações em suas frações, bem como nas taxas de digestão entre e dentro de alimentos, podem afetar o suprimento de proteína microbiana ao intestino delgado e, conseqüentemente, o desempenho animal. Dessa forma, torna-se de vital importância o estudo da cinética de digestão dos carboidratos, para que se consiga, por meio de dietas adequadas, sincronizar a disponibilidade de energia e N no rúmen, permitindo o máximo desempenho das populações microbianas (RUSSELL et al., 1992).

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 variedade mineiro, feno de capim Tifton 85 e silagem de milho, em cabras submetidas a dietas com diferentes relações volumoso:concentrado, utilizando as técnicas da produção cumulativa de gases e de subtração de curvas. Objetivou-se, ainda, contrastar estes resultados com aqueles obtidos por intermédio das técnicas *in situ* e *in vitro*, para os parâmetros de degradabilidade efetiva (DE) e taxa de digestão da fração insolúvel potencialmente digerível (c).

Material e Métodos

O presente experimento foi conduzido 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 kg \pm 2,75, não-prenhes, não-lactantes e fistuladas no rúmen. Os animais permaneceram confinados em baias individuais, onde receberam sua alimentação.

Foram utilizadas cinco relações volumoso:concentrado para o estudo da degradabilidade *in situ*, 100:0, 80:20, 60:40, 40:60 e 20:80, o que proporcionou cinco valores distintos de pH, conforme descrito no primeiro capítulo (GONÇALVES, 2000).

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

As amostras dos alimentos, imediatamente após a sua coleta, com exceção dos fenos, foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C, durante 72 horas. Posteriormente, todos os alimentos foram moídos em peneira de 1 mm e analisados para matéria seca (MS), proteína bruta (PB), cinzas (CZ) e extrato etéreo (EE), segundo ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC (1990), além das análises de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e lignina (VAN SOEST et al., 1991). Na Tabela 1, encontra-se a composição bromatológica das forrageiras utilizados no experimento.

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

Alimento	MS	PB	FDN	FDA	CHOs	Cinzas	Ca	P
Alimento utilizado na dieta								
Feno experimento	90,01	12,02	72,30	31,08	8,02	6,23	0,51	0,32
Alimentos utilizados na incubação								
Capim-elefante	21,01	8,62	67,12	38,05	10,40	2,45	0,60	0,28
Feno alfafa	91,04	19,24	48,26	32,59	25,32	9,05	1,58	0,12
Feno Tifton 85	89,02	9,28	72,3	43,8	6,12	6,81	0,39	0,18
Silagem de milho	31,88	7,48	52,30	25,48	28,41	1,19	0,22	0,26

Os procedimentos adotados para as análises *in situ* e *in vitro* encontram-se descritas no capítulo dois do presente trabalho.

O preparo das amostras para as incubações *in vitro*, pela técnica de produção de gás, foi realizado tomando-se, aproximadamente, 5 g de amostra seca ao ar (ASA), moída a 1 mm, submetida à fervura durante 1 hora em solução detergente neutra. O resíduo obtido foi filtrado em saco de náilon e lavado exaustivamente com água quente e acetona, para retirar completamente qualquer resíduo do detergente, e levado à estufa de ventilação forçada a 55°C, durante 48 horas.

Foram depositados separadamente em frascos de vidro de 50 mL, aproximadamente, 100 mg de MS e a devida proporção em FDN. Foi infundido CO₂ na solução tampão de McDougal (McDOUGAL, 1949) até que o pH atingisse, aproximadamente, 7,3; em seguida separou-se o tampão para acondicionamento em cinco béqueres de 500 mL e efetuou-se a adição gradual de solução de ácido cítrico 1 M (GRANT e WEIDNER, 1992), até atingir os valores de pH observados no rúmen das cabras, de 5,85; 6,20; 6,55; 6,85; e 7,05, quando alimentadas com as dietas contendo diferentes proporções de concentrado. Em cada frasco de incubação, foram adicionados 8 mL da solução tampão, sob aspersão de CO₂, para que as condições anaeróbicas fossem mantidas. Em seguida, foram inoculados 2 mL de líquido de rúmen caprino filtrado, em conformidade com as faixas de pH, ou seja: 5,88; 6,19; 6,53; 6,89; e 7,03. O líquido de rúmen foi coletado das cinco cabras, identificado quanto ao tratamento, acondicionado em garrafas térmicas e inoculado nos frascos de mesma faixa de pH, sempre sob saturação de CO₂, os quais foram, após inoculação, imediatamente vedados com tampa de borracha, lacrados com dispositivo de alumínio e mantidos em sala climatizada, a 39°C, em mesa de agitação orbital automática.

As leituras da pressão e volume dos gases foram realizadas por meio de um multímetro com sensor de pressão, conforme descrito por PELL e SCHOFIELD (1993), nos tempos 1/2, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60 e 72 horas após o início da incubação. Para descontar o volume de gás oriundo do líquido de rúmen e do tampão, dois frascos foram incubados sem amostra (branco); dessa forma, para cada tempo de leitura, o volume de gás dos frascos

com amostra foi subtraído do volume dos frascos sem amostra. Com o somatório do volume de gás para cada tempo de leitura, foram construídas as curvas de produção cumulativa dos gases oriundos da MS e FDN, sendo a curva correspondente à fração solúvel em detergente neutro (CNE), obtida pela diferença entre o gás da MS e da FDN para cada tempo de incubação. A cinética da produção cumulativa dos gases oriundos das frações de CNE e FDN foi analisada empregando-se o modelo logístico unicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994):

$$V(t) = \frac{V_f}{1 + \exp [2.4 \times c \times (t-L)]}$$

em que $V(t)$ é o volume acumulado no tempo t ; V_f (mL/100 mg MS), o total de gás produzido a partir da fração em questão; c (h^{-1}), a taxa de degradação da fração potencialmente degradável dos carboidratos contidos na matéria seca ou na parede celular insolúvel em solução detergente neutra; L , a latência discreta (h); e t , o tempo (h). As taxas de degradação ruminal dos CNE e da FDN foram estimadas como c/V_f ; em que c equivale à taxa máxima de produção de gás. Os parâmetros cinéticos relativos à fração de CNE foram estimados a partir da produção cumulativa de gás até 12 horas de incubação, ou até o momento em que a assíntota fosse estabelecida (STEFANON et al., 1996; DOANE et al., 1997; e DOANE et al., 1998). Para a realização dos ajustes, utilizou-se o processo iterativo do algoritmo de Marquadt, implantado no programa Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV, 2000).

A conversão dos valores observados por intermédio do voltímetro (mvolt), em volume de gás (mL), foi realizada considerando-se que 1 mvolt corresponde a 7,68 mL de gás (PELL e SCHOFIELD, 1993).

O conteúdo de cada frasco, retirado ao final incubação, foi transferido para um cadinho filtrante (\varnothing médio dos poros entre 40 e 60 μm), 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 valores de c foram obtidos diretamente a partir do modelo logístico unicompartmental proposto por SCHOFIELD et al. (1994), para a cinética da produção cumulativa dos gases oriundos das frações de CNE e FDN. A DE estimada para a MS, com base na cinética da produção de gases, foi calculada a partir do resultado da DEA mais a DEFDN. A DEA foi obtida a partir do produto de A (fração solúvel em detergente neutro) por sua taxa de digestão dividido pelo resultado de sua taxa de digestão mais a taxa de passagem, e a DEFDN, a partir da FDN potencialmente digerível ($FDN_{pd}=100-(A-I)$) multiplicada por sua taxa de digestão estimada pelo gás, dividido pelo resultado da sua taxa de digestão mais a taxa de passagem. A taxa de passagem considerada (0,032) foi a observada por SILANIKOVE et al. (1993) para animais da raça Saanen, em condições semelhantes às do presente estudo.

Resultados e Discussão

A primeira pressuposição feita para utilização da técnica de produção de gás é que este, gerado nos frascos de fermentação, utilizado para interpretação das características nutricionais para estimar a taxa de digestão das frações que compõem o alimento, é oriundo exclusivamente da fermentação do material incubado (CABRAL, 1999). Contudo, PELL et al. (1994) relataram limitações da técnica de produção de gás, que estão relacionadas à contribuição do CO₂, resultante do bicarbonato contido no meio de cultura. Entretanto, a Figura 1 ilustra a relação entre o desaparecimento de FDN incubada e a produção de gás,

em que se observa relação linear ($r^2 = 0,9977$), como sugerido por PELL e SCHOFIELD (1993), o que fornece subsídios para garantir que a técnica pode ser utilizada para a estimativa do valor nutricional de alimentos.

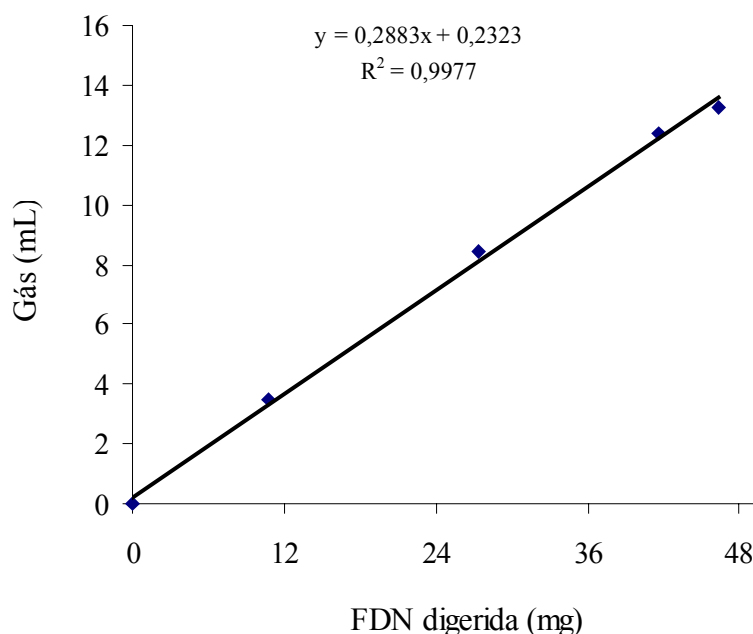


Figura 1 - Modelo para a relação entre a produção de gás e o desaparecimento da massa de FDN incubada.

Embora existam diferenças numéricas entre os parâmetros cinéticos estimados pelas técnicas *in situ* e *in vitro* e os observados pela técnica de produção de gás (Tabela 2), possível explicação para a similaridade entre as curvas é que a combinação entre todos os parâmetros do modelo resulta em pontos estimados semelhantes. Outra explicação para esta similaridade é que o meio nutritivo-tamponante utilizado foi eficaz na manutenção de valores de pH, dentro das faixas desejadas de 5,85; 6,20; 6,55; 6,85; e 7,05, para todos os alimentos estudados.

Vale ressaltar que a comparação dos dados referentes às taxas de digestão das frações FDN e CNE, obtidas neste estudo, com as estimativas de MALAFAIA et al. (1998) ou SCHOFIELD e PELL (1995), é imprópria, uma vez

que aqueles autores utilizaram modelos bicompartimentais para estas estimativas, partindo da pressuposição de que cada fração apresentava natureza heterogênea. Entretanto, neste trabalho, considerando as frações de carboidratos sugeridas pelo *CNCPS*, as quais são consideradas isoladamente como uma fração homogênea, foram utilizados modelos unicompartmentais para a obtenção das estimativas das taxas de digestão de cada fração.

Tabela 2 - Valores obtidos para volume final de gás (VF) e taxa de degradação da fração potencialmente degradável insolúvel em detergente neutro (c), para os volumosos avaliados nos diferentes níveis de pH

Alimento	VF			C		
	MS	FDN	CNF	MS	FDN	CNF
pH 7,04						
Alfafa	28,40	13,67	2,09	0,04	0,05	0,15
Capim	25,86	14,54	1,68	0,04	0,04	0,40
Tifton	22,97	19,58	1,04	0,04	0,05	0,33
Silagem	31,68	14,61	9,57	0,05	0,04	0,12
pH 6,85						
Alfafa	39,30	26,93	8,93	0,07	0,07	0,11
Capim	30,12	29,10	6,48	0,07	0,08	0,18
Tifton	36,63	33,56	2,68	0,07	0,08	0,25
Silagem	42,29	26,75	18,00	0,10	0,06	0,16
pH 6,55						
Alfafa	36,32	26,16	8,49	0,08	0,08	0,20
Capim	39,74	30,59	7,87	0,07	0,08	0,12
Tifton	36,71	30,06	5,21	0,08	0,07	0,29
Silagem	44,54	23,33	19,55	0,10	0,07	0,15
pH 6,21						
Alfafa	34,95	27,80	5,86	0,08	0,08	0,20
Capim	36,84	30,89	5,43	0,07	0,07	0,15
Tifton	36,86	38,59	4,35	0,08	0,07	0,25
Silagem	36,90	22,32	13,58	0,09	0,07	0,15
pH 5,83						
Alfafa	33,61	29,03	3,28	0,08	0,08	0,18
Capim	33,96	31,21	2,05	0,07	0,07	0,06
Tifton	36,10	40,00	3,45	0,09	0,07	0,16
Silagem	29,44	21,31	7,62	0,08	0,07	0,17

Estudos *in vitro*, em valores de pH inferiores a 6,20, permitiram demonstrar seu efeito negativo sobre o crescimento dos microrganismos ruminais, especialmente os fibrolíticos (MERTENS e LOFTEN, 1980; PELL et al., 1994), em conformidade com o que pode ser observado em relação aos resultados obtidos neste trabalho, na Figura 2 e Tabela 3.

As incubações *in situ* e *in vitro* resultaram em comportamentos das curvas de degradação da matéria seca semelhantes para todos os volumosos (Figura 2).

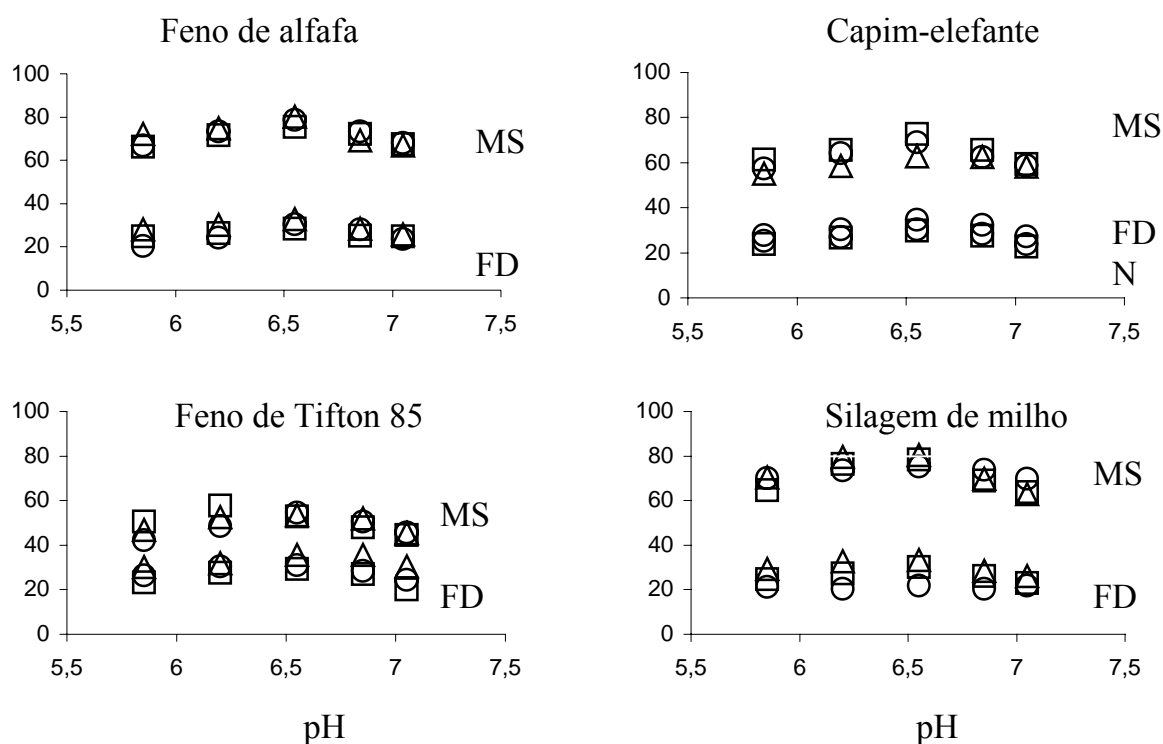


Figura 2 - Curva de DE da MS e da FDN dos volumosos avaliados, nas diferentes faixas de pH, para as técnicas (O) IS, (□) IV e (Δ) produção de gás.

Os coeficientes de variação encontrados para as leituras de produção de gás foram inicialmente maiores e diminuíram, à medida que aumentou o tempo de incubação. Este comportamento foi função da menor produção de gás durante o período inicial da incubação. A análise destes valores de CV sugere que a

precisão das estimativas das taxas de degradação foi maior para a técnica metabólica, enquanto o método *in situ* foi o que apresentou maior variação e menor precisão, à semelhança do observado por MADSEN e HVELPLUND (1994) e MALAFAIA (1996).

As curvas de degradação construídas com a obtenção da fração insolúvel potencialmente digestível (*B*) e do resíduo indigerível (*I*), após 72 horas de incubação *in vitro*, na técnica de produção de gás, elaboradas com as taxas de degradação (*c*), foram numericamente próximas às estimadas convencionalmente pelos métodos *in situ* e *in vitro*, para todos os volumosos estudados (Figura 2).

Os sistemas de exigências nutricionais que incorporam modelos mecanicistas requerem estimativas precisas das taxas de degradação para a predição do desempenho microbiano ruminal e, subseqüentemente, dos animais (VAN SOEST, 1994; PELL et al., 1994).

Os ensaios *in situ* são realmente úteis para determinados propósitos e constituem as melhores ferramentas empregadas nos estudos iniciais sobre a digestão ruminal, especialmente na época anterior aos atuais recursos computacionais.

Segundo MALAFAIA (1996), com o advento dos softwares estatísticos, da reparametrização de modelos mecanicistas para explicar eventos ruminais e da crescente pressão para a redução de estudos com métodos invasivos aos animais, os ensaios *in situ* devem ser empregados apenas para fins específicos, como a comparação entre dietas. Ainda de acordo com esse autor, a caracterização de um alimento pode ser realizada pela obtenção gravimétrica de sua fração solúvel (*a*) e de seu resíduo indigestível (*I*), estimados *in vitro* com meio reduzido-tamponado, e pela estimativa da taxa de degradação, obtida pela técnica de produção microbiana de gás. Dessa maneira, o resíduo insolúvel potencialmente digestível (*B*) seria calculado como $100 - (a + I)$. Em ambos os métodos, o inóculo ruminal poderia ser obtido por meio de sondas oro-nasais ou em abatedouros, o que tornaria desnecessária a manutenção de animais fistulados para tal propósito.

Se o propósito for a estimativa das taxas de degradação de carboidratos, a técnica de produção cumulativa de gás apresenta-se como opção simples, barata e precisa (THEODOROU et al., 1994, PELL et al., 1994). Vale lembrar que a comparação de alimentos deve ser feita sempre por técnicas *in vitro*, enquanto a comparação entre dietas, bem como os estudos de validação, por técnicas *in vivo* (MALAFAIA, 1996).

Tabela 3 - Degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN), por intermédio das técnicas *in vitro* (IV), *in situ* (IS) e de produção de gás (G)

	7,05	6,85	6,55	6,2	5,85	7,05	6,85	6,55	6,2	5,85
	Feno de alfafa					Capim-elefante				
DEMSIS	68,13	73,47	78,64	73,46	66,74	58,87	62,58	69,07	64,17	57,26
DEMSIV	67,38	72,12	75,58	71,56	66,18	59,44	65,67	72,77	65,67	61,42
DEMSG	66,94	69,22	80,08	74,99	72,12	58,14	62,38	62,80	58,61	55,15
DEFDNIS	23,65	28,03	30,35	24,23	20,56	23,81	28,48	30,34	27,06	25,15
DEFDNIV	24,71	25,17	28,27	26,36	24,80	22,80	27,48	29,85	26,77	23,95
DEFDNG	25,62	28,44	32,91	30,16	28,12	27,14	32,46	34,73	30,42	27,70
	Feno de Tifton 85					Silagem de milho				
DEMSIS	45,72	50,54	54,73	48,55	42,27	69,87	73,85	75,32	73,55	70,10
DEMSIV	44,45	47,87	52,92	57,63	50,50	63,87	68,85	78,55	76,31	64,59
DEMSG	45,54	52,01	53,47	52,64	46,76	62,94	69,96	80,42	79,58	70,48
DEFDNIS	24,34	28,48	31,17	30,53	26,40	21,82	20,53	21,71	20,52	21,37
DEFDNIV	20,00	26,89	29,34	27,66	23,25	22,95	26,09	30,31	27,31	24,66
DEFDNG	30,50	35,51	35,77	31,91	30,28	26,21	28,47	33,38	32,72	29,24

Ao se compararem os valores para a obtenção dos parâmetros, por intermédio da técnica de produção de gás, foi observado comportamento semelhante ao encontrado para aqueles avaliados pelas técnicas *in situ* e *in vitro*. Pode-se inferir que, independente do procedimento experimental adotado, obter-

se-ia o mesmo perfil das variáveis estudadas. Não pode ignorar o fato de que o animal em seu manejo alimentar diário sofre oscilação constante do pH ruminal, o qual pareceu influenciar o processo de degradação da fibra (Capítulo 1).

Ao se observar a degradabilidade efetiva da MS obtida nos diferentes níveis de pH, pode-se notar crescimento na faixa de 7%, ao se alterar o pH de 7,05 para 6,85, para os valores de DEIS e DEIV, e de 4% para DEG para o feno de alfafa. Em contrapartida, quando o pH mudou de 7,05 para 6,55, o valor de DEG passou para 19,6% contra 15,4 e 12,2 para DEIS e DEIV, respectivamente. Até este ponto, a adição de concentrado induz maior TCE, proporcionando maior DE. A partir daí, começa a interferir negativamente no processo digestivo, o que possibilita redução de 9,4%, para DEIS e DEIV, e 6,4%, para DEG, quando o pH passa de 6,55 para 6,20. Observou-se maior aumento neste valor, quando o pH passou de 6,20 para 5,85. Este comportamento se repete para todos os outros alimentos, de forma bastante semelhante, tanto para a MS quanto para a FDN, como pode ser observado na Tabela 3.

Ao se plotarem os pontos obtidos para a DE da MS e da FDN pelas técnicas IS, IV e de produção de gás, dentro da faixa de pH observada, para cada alimento (Figura 2), verifica-se, nitidamente, comportamento similar para cada parâmetro, o que gerou pontos, que, quando não estão sobrepostos, se encontram bem próximos.

A taxa *c*, estimada pela incubação da FDN, por meio da técnica de produção de gás, foi compatível às estimadas *in situ* ou *in vitro* em outros estudos (VIEIRA et al., 1996; MALAFAIA et al., 1996b; e CABRAL, 1999). Estas taxas podem ser relativas à despolimerização das porções moleculares de difícil ataque microbiano ou daqueles componentes estruturais complexados à lignina.

Conclusões

A utilização da técnica de produção de gás consistiu em um método mais simples e menos laborioso, apresentando a menor variação entre mensurações para a estimativa das taxas de degradação dos alimentos usados na alimentação de cabras leiteiras. Os parâmetros de degradação obtidos pela técnica de produção de gás foram comparáveis ao obtidos utilizando-se as técnicas tradicionais *in situ e in vitro*.

Referências Bibliográficas

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15.ed., Arlington, Virginia. 1117p.
- CABRAL, L.S. *Cinética ruminal das frações de carboidratos e proteínas e digestão intestinal da proteína de alimentos por intermédio de técnicas in vitro*. Viçosa: UFV, 1999. 98p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- DOANE, P.H., PELL, A.N., SCHOFIELD, P. 1997. The effect of preservation method on the neutral detergent soluble fractions of forages. *J. Anim. Sci.*, 75(4):1140-1148.
- DOANE, P.H., PELL, A.N., SCHOFIELD, P. 1998. Ensiling effects on the ethanol fractionation of forages using gas production. *J. Anim. Sci.*, 76(3):888-895.
- 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.*, 75:1060-1068.
- GONÇALVES, A.L., LANA, R.P., TEIXEIRA, M.R. et al. 2000. Padrão nictemeral do pH ruminal e comportamento alimentar de cabras leiteiras alimentadas com dietas contendo diferentes relações volumoso: concentrado. *Rev. bras. zootec.* (no prelo)
- MADSEN, J., HVELPLUND, T. 1994. Prediction of in situ degradability in the rumen. Results of a European ring test. *Livest. Prod. Sci.*, 39:201-214.
- MALAFIA, 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.
- MALAFIA, 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.

- McDOUGAL, E.I. 1949. Studies on ruminal saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochem. J.*, 43(1):99-109.
- MERTENS, D.R., LOFTEN, J.R. 1987. The effect of starch on forage fiber digestion in vitro. *J. Dairy Sci.*, 63(9):1437.
- MERTENS, D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Anim. Sci.*, 64(5):1548-1558.
- 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. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. In: INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGES INDUSTRIES, 1996, USA, *Proceedings...* 1996, p.81-92.
- 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.
- PELL, A.N., SCHOFIELD, P. 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *J. Dairy Sci.*, 76(9):1063-1073.
- 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.
- SCHOFIELD, P., PITT, R.E., PELL, A.N. 1994. Kinetics of fiber digestion from In Vitro gas production. *J. Anim. Sci.*, 72(11):2980-2991.
- SCHOFIELD, P., PELL, A.N. 1995. Validity of using accumulated gas production readings to measure forage digestion in vitro. *J. Dairy Sci.*, 78(11):2230-2238.

- SILANIKOVE, N., TAGARI, H., SHKOLNIK, A. 1993. Comparison of rate of passage, fermentation rate and efficiency of digestion of high fiber diet in desert Bedouin goats compared to Swiss Saanen goats. *Small Rum. Res.*, 12(1):45-60.
- SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, D.J., VAN SOEST, P.J. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, 70(12):3562-3577.
- STEFANON, B., PELL, A.N., SCHOFIELD, P. 1996. Effect of maturity on digestion kinetics of water-soluble and water-insoluble fractions of alfalfa and brome hay. *J. Anim. Sci.*, 74(5):1104-1115.
- THEODOROU, M.K., WILLIAMS, B.A., DHANOA, M.S. et al. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feed. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 48(1):185-197.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. 2000. SAEG - *Sistema de análises estatísticas e genéticas*. Versão 8.0. Viçosa, MG. 142p. (Manual do usuário).
- VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca: Cornell University Press. 476p.
- VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74(10):3583-3597.
- VIEIRA, R.A.M., PEREIRA, J.C., MALAFAIA, P.A.M. et al. 1997. Application of non-linear models in the description of *in situ* degradation profiles of the elephant-grass (*Pennisetum purpureum* Schum., Mineiro variety). *Anim. Feed Sci. Technol.*, 66:197-210.
- 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.

3. RESUMO E CONCLUSÕES

O objetivo básico do presente estudo foi a caracterização do padrão nictemeral do pH ruminal de cabras leiteiras alimentadas com diferentes relações volumoso:concentrado e sua influência sobre o comportamento alimentar, além da caracterização e 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, por meio de técnicas *in situ* e *in vitro*. Os parâmetros cinéticos da degradação ruminal da matéria seca e da fibra em detergente neutro, destes volumosos, submetidos aos diferentes níveis de pH, também foram estimados por incubações anaeróbicas, usando as técnicas da produção cumulativa de gases e de subtração de curvas, e contrastados com os resultados obtidos por intermédio das técnicas *in situ* e *in vitro*, para os parâmetros de degradabilidade específica (DE) e taxa de digestão da fração insolúvel potencialmente digerível (c). Foram empregadas cinco cabras, com peso médio de 58 kg, não-lactantes, não-prenhes, fistulados no rúmen, em cinco períodos experimentais, nos quais cada animal foi observado para cada um dos cinco tratamentos, que consistiam das relações volumoso:concentrado de 100:0, 80:20, 60:40, 40:60 e 20:80, respectivamente, em um delineamento empregando um quadrado latino 5×5. As dietas foram fornecidas a cada 6 horas, buscando manter os níveis de pH ruminal constantes, durante o período de 24 horas, para todos os tratamentos. Após a adaptação dos animais às dietas experimentais, estes foram observados por um período de 48 horas, sendo mensurado o pH ruminal a cada hora, bem como em outro período

de mesma duração, em que se permitiu a observação de comportamento mensurado a cada 10 minutos. No ensaio de digestibilidade *in vitro*, foi utilizado tampão de MacDougall, ajustado para os pHs observados nos animais, conforme a relação volumoso:concentrado, com solução de ácido cítrico 1 M. Foi observado que o nível de concentrado crescente possibilitou decréscimo sobre o pH, que pode ter decrescido mais drasticamente em níveis acima de 60%, devido à menor atividade de ruminação, reduzindo a secreção salivar e, conseqüentemente, a atividade tamponante. Observou-se também efeito de tratamento sobre tempo de alimentação, ruminação e ócio. O tempo de alimentação foi maior para as dietas contendo valores acima de 60% de volumoso. A dieta contendo 100% de volumoso apresentou maior tempo de ruminação e menor ócio, seguida das dietas contendo 80 e 60% de volumoso, enquanto aquelas contendo 40 e 20% apresentaram menor tempo de ruminação e maior ócio.

A partir dos resultados observados, concluiu-se 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 crescimento da degradação, em certa faixa de pH (6,8 a 6,2), em detrimento de sua redução em pH inferior a 6,0;
- a latência sofreu decréscimo, quando o pH passou de 7,05 para 6,8, mantendo-se estável até 6,5, a partir do qual sofreu 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;
- houve comportamento similar nas curvas da degradabilidade específica, bem como para a taxa de digestão da fração insolúvel potencialmente digerível, o que confirma a interferência do nível do pH sobre os parâmetros relativos à cinética de degradação ruminal dos carboidratos; e
- as leituras de produção de gás resultaram em menores coeficientes de variação para a cinética de degradação da MS, mas apresentaram valores inferiores aos obtidos pelas técnicas *in situ* e *in vitro*. Já para a FDN, mostraram valores e comportamento bem próximos dos obtidos pelas outras técnicas. Dessa forma, os métodos podem ser utilizados para prever, com confiabilidade, os parâmetros observados.