

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### ATRIBUTOS DO RÚMEN E AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DAS GRAMÍNEAS TROPICAIS: UMA REVISÃO

Rumen attributes and nutritional evaluation of tropicals grasses: A review

*Edmundo Benedetti<sup>1</sup>*

#### RESUMO

Na nutrição de vacas leiteiras, conhecimentos sobre o sistema fermentativo do rúmen e o potencial nutritivo das gramíneas tropicais, são importantes na maximização e eficiência da utilização dos alimentos disponíveis. Portanto, a interação entre os atributos ruminais e gramíneas, propiciam mecanismos de estudos, pelos quais podem-se obter informações sobre a qualidade da dieta e suas possíveis variações de digestibilidade e conseqüente oferta de princípios nutritivos às vacas leiteiras. Estudos de digestibilidade, "in vivo", "in situ" e "in vitro", facilitam o entendimento tanto das condições nutricionais dos alimentos, bem como dos mecanismos existentes no sistema simbiótico ruminal. A revisão bibliográfica objetiva alertar aspectos importantes na área de nutrição de ruminantes.

**Palavras-chave:** ruminantes, rúmen, gramíneas tropicais, digestão de forragens, nutrição.

#### SUMMARY

Knowledge of rumen fermentation systems and the nutritional potential of tropical grasses are important tools of dairy nutrition to maximize the efficient use of feed. The interaction between ruminal attributes and grasses is thus relevant logic in the study of diet quality and possible digestibility variations, and consequently the elaboration of nutritive principles for dairy cows. Digestibility studies "in situ" and "in vitro" simplify the understanding of food nutritional status and the existing mechanisms in the symbiotic ruminal system of the animal. The bibliographical review of those issues alert us to important aspects of ruminant nutrition.

**Key words:** ruminant digestion, ruminants, rumen, tropical grasses, forage digestion, nutrition.

#### INTRODUÇÃO

Os ruminantes adultos possuem complexa população microbiana de

---

<sup>1</sup> Médico Veterinário, Professor Titular, Doutor. Departamento de Produção Animal. Curso de Medicina Veterinária. Universidade Federal de Uberlândia. Av. Pará, 1720, Bloco 2D - Campus Umuarama. 38400-902. Uberlândia, MG.

bactérias, fungos e protozoários, distribuída entre as fases sólida e líquida do conteúdo ruminal, formando compartimentos com suas respectivas populações interagidas bioquimicamente (CZERKAWSKI, 1986). O primeiro compartimento é o líquido ruminal, meio de transporte de partículas de alimentos e microrganismos e fermentação de açúcares solúveis. O segundo e o terceiro são representados pelos microrganismos frouxamente e fortemente aderidos às partículas de alimento, cuja função é degradar os componentes da dieta. Os compartimentos representam mais de 95% da concentração de micróbios e mais de 70% da energia gerada na digestão ruminal. Esta fração contém a maioria dos micróbios digestores da parede celular, incluindo as bactérias celulolíticas, algumas das quais fortemente aderidas à parede celular das plantas. O quarto compartimento são as bactérias aderentes à parede do rúmen, que atuam no consumo de moléculas de oxigênio e hidrólise da uréia, compondo cerca de 1% do total da biomassa microbiana. As características físicas dos tecidos fibrosos e seu arranjo estrutural determinarão a sua fragmentação inicial durante o processo de mastigação e a subsequente degradação pelos micróbios do rúmen (POND et al., 1987). Alguns fatores influenciam a eficiência da utilização da fibra pelos ruminantes, além da natureza física e química da fibra (MACKIE & WHITE, 1990). O padrão da digestão, a natureza e a densidade populacional das espécies predominantes de microrganismos digestores de fibra, que são afetados pelas condições prevalentes do rúmen e a ação enzimática dos microrganismos fibrolíticos sobre os carboidratos da parede celular, contribuem na variação da digestão da fibra das forragens. As bactérias digestoras de fibras possuem estruturas que facilitam a aderência nas partículas, todavia a maneira de associação varia com a espécie de

bactéria (glicocálice ou células capsulares). Além de permitir rápida digestão, a aderência contribui influenciando o fluxo de microrganismos do rúmen. As bactérias ligadas às partículas passam através do rúmen e as não associadas são expulsas do rúmen através do líquido ruminal. A taxa de passagem das bactérias aderidas às partículas de forragens é menor do que a taxa de passagem de bactérias livres. As taxas variam com o nível de ingestão e da dieta à base de forragens. A velocidade da colonização depende da composição da partícula, do tamanho (superfície de contato) e da afinidade do microrganismo pelo alimento. A disponibilidade dos componentes celulares é mais contínua nos animais em pastejo e que alimentos farelados exigem dos microrganismos adaptação a uma colonização variada e mais competitiva. A alimentação de concentrado e forragem, em refeições alternadas, para vacas em lactação, pode aumentar o tempo de duração da digestão da celulose, traduzida em alterações que levam às flutuações diárias nos níveis hormonais e de metabólitos, que podem alterar a produção (OWENS & GOETSH, 1988). Foi demonstrado por AKIN & AMOS (1975) que ocorreu degradação das partes mais digestíveis da planta (parênquima e floema) sem a necessidade da fixação das bactérias à célula, contudo a digestão dos tecidos menos digestíveis (células epidermais e xilema) só se deu, após completa fixação pelas bactérias. A natureza da fermentação ruminal se dá por meio dos movimentos de contração do rúmen que, facilita a dispersão do bolo alimentar, mistura a saliva com a digesta, promovendo equilíbrio eficiente do pH ruminal, colabora com a inoculação do alimento pela biomassa ruminal, contribui na fragmentação das partículas de alimentos e, finalmente, facilita a remoção dos produtos da digestão (REID, 1963). Porém, o movimento da partícula no

interior do rúmen é uma consequência, de sua forma, tamanho, densidade e viscosidade (WELCH, 1986). A qualidade dos pastos tropicais poderia ser definida como a relação entre constituintes químicos, digestibilidade e produção de matéria seca. A relação sofre influência direta da precipitação e distribuição das chuvas, flutuações da temperatura, intensidade e comprimento dos dias, fertilidade do solo, e deficiência de manejo. Entre diferentes espécies forrageiras os indicadores de qualidade encontrados dizem respeito a proteína bruta (PB), fibra bruta (FB) e conteúdo de parede celular (HERERRA, 1985). Na avaliação do valor nutritivo das forrageiras, normalmente prima-se pela sua composição e digestibilidade. Quimicamente considera-se, principalmente o teor de proteína, fósforo e cálcio. Além desses nutrientes, leva-se em conta os teores de fibra e de lignina, devido a associação negativa entre estes dois constituintes e o valor nutritivo da forragem. Quanto mais fibrosa e lignificada for a forrageira, menor será seu valor nutritivo para os bovinos. A produção animal é igual ao produto do consumo de MS, teor e digestibilidade dos nutrientes (GOMIDE, 1983). Apesar da importância da composição química e digestibilidade, o consumo de MS é a informação mais importante sobre o valor nutritivo dos pastos, visto que CRAMPTON et al. (1960), observaram que 70% das variações no índice de valor nutritivo das forrageiras foram explicados pela ingestão de MS e apenas 30% pela digestibilidade. Contudo, a qualidade inicial dos pastos, importante na apetibilidade pelas vacas em lactação, pode ser assegurada, pelo manejo, estágio vegetativo não avançado e disponibilidade suficiente de MS, principalmente folhas que permitam a seleção de partes das plantas com melhores princípios nutritivos STOBBS & MINSON (1980).

O potencial nutritivo das gramíneas pode ser avaliado, basicamente, pela digestibilidade "in vitro", "in situ" e "in vivo". A técnica "in vitro" tem a vantagem de ser mais rápida e de menor custo do que a "in vivo" (CORAZZA et al., 1986). Os autores concluíram que ao correlacionarem os resultados obtidos por meio da digestibilidade "in vitro" da MS (DIVMS) e a digestibilidade "in vivo", de duas gramíneas tropicais, foi de que a técnica "in vitro" é válida.

#### **Degradabilidade "in situ".**

Na avaliação de forrageiras, o uso de diversos horários de incubação ruminal, objetivando valores de taxa e extensão de degradação ruminal, refletiria melhor o dinâmico processo digestivo do rúmen. SMITH et al. (1972), ressaltaram que deveria separar a parte solúvel em detergente neutro da parte insolúvel, estudando-se então a taxa e extensão da degradabilidade. O conceito é oriundo de VAN SOEST (1967), quando preconizou que as forragens poderiam ser divididas em uma fração solúvel em detergente neutro (SDN), cujo potencial digestivo seria de 100% e uma fração insolúvel em detergente neutro, representada pela parede celular, com potencial de digestão mais baixo. O uso de variáveis como taxa de passagem, de degradação e extensão de degradação, estimar-se-ia melhor os valores nutricionais das forrageiras tropicais. ORSKOV & McDONALD (1979), propuseram o uso da equação de digestibilidade efetiva como meio mais dinâmico de se estimar tanto a degradabilidade da proteína como da matéria seca. A superestimativa da degradação ruminal dos alimentos deixa de existir a partir do uso da degradação efetiva, a qual considera taxas de passagem (KEMPTON, 1980). Na degradabilidade do alimento consumido dois parâmetros

competitivos atuam simultaneamente, a taxa de degradação e a taxa de passagem, levando o desaparecimento da digesta conforme o compartimento do trato gastrointestinal (TGI), (FAICHNEY & BLACK, 1984). Alguns parâmetros podem ser avaliados na degradação ruminal, como a **degradabilidade potencial** (WILKINS, 1969), sendo o grau de degradação da digesta no rúmen sem limitação de tempo de permanência. ORSKOV et al. (1980) determinaram que a degradabilidade potencial para alimentos concentrados está entre 12 a 36 horas de incubação, para forragens de boa qualidade, entre 24 a 60 horas e de baixa qualidade, entre 48 a 72 horas. SAMPAIO (1990), preconizou um tempo de 96 horas. Outro parâmetro é a **degradabilidade inicial** que corresponde a intercepta da equação da degradação acumulativa das diferentes frações nutritivas em função do tempo, ou seja, a digestibilidade no tempo zero (ORSKOV et al., 1980). O **período pré-fermentativo** ou **tempo de colonização** decorre do início da incubação das bolsas de náilon no ambiente ruminal até o início da digestão da fibra pelos microrganismos. Finalmente, a **taxa de degradação ruminal**, cuja estimativa depende de uma descrição matemática da degradação de uma fração nutritiva do alimento em função do tempo, que são intervalos pré estabelecidos. VAN SOEST (1982) conceituou tal parâmetro como sendo a correlação da quantidade degradada com o tempo decorrido.

#### **Aplicabilidade dos parâmetros oriundos da degradabilidade "in situ".**

ARC (1984) levou em consideração três valores médios para a taxa de passagem ( $K_p$ ): 0,02, 0,05 e 0,08/h, respectivamente para manutenção, ganho de peso e produção de leite acima de 15kg por dia. Porém, o comportamento da taxa de

passagem pode sofrer variações, uma vez que as características das fibras estariam envolvidas como a densidade volumétrica (MINSON & TUDOR, 1982) e a gravidade específica (WELCH, 1986). Somando-se a isso, ARC (1984) citou o estado fisiológico do animal. Em termos médios, SAMPAIO (1990) estimou que a taxa de degradabilidade para forragens tropicais é na ordem de 3,8% por hora. O tempo de colonização da FDN foi de 2,96h e 3,32h para os fenos de azevém e de 4,35h para o trevo. A taxa de passagem no rúmen, " $K_1$ ", com feno mordentado, foi de 3,32 e 3,54%/h para a MS dos fenos de azevém e 2,98%/h para o trevo. Noutro experimento, AITCHISON et al. (1986b) usaram concentrado em dois níveis de consumo de feno de azevém (alto e baixo, com ou sem concentrado) e verificaram que não houve diferenças estatísticas tanto para taxas de digestão da MS (média de 2,91%/h), quanto para as da FDN (média de 3,7%/h). O nível alto de ingestão aumentou, significativamente, as taxas de passagem ruminal ( $K_1$ ), que variaram de 3,13 a 4,01%/h. BARBI (1991), trabalhou com quatro espécies de gramíneas tropicais (Andropogon, Tobiatã, Jaraguá e Cameron) e quatro diferentes épocas de corte (28 em 28 dias) e afirmou que a comparação entre forrageiras com 24h de incubação é importante pois, se se utilizar este tempo como sendo o de retenção ruminal, obter-se-á uma taxa de passagem teórica de 4,16%/h (taxa de passagem=1/tempo de retenção), valor compatível com os percentuais para as forrageiras. A taxa de degradação ruminal não se alterou nos diversos tratamentos, portanto o estágio de maturação e a espécie forrageira não foram fatores modificadores de "c". SAVASTANO (1993), utilizou feno de capim gordura e três níveis de concentrado (0, 25 e 50%) para medir os parâmetros da digestão ruminal, pela técnica "in situ", concluiu que os

tratamentos não interferiram significativamente na degradabilidade efetiva (DE) e também na taxa de degradação (c). Os níveis de concentrado não afetaram, significativamente, a degradabilidade potencial da maioria das frações constituintes do feno.

### Modelos utilizados na avaliação da degradação ruminal.

Os nutrientes classificam-se em três frações, sendo uma solúvel, outra degradável e uma não degradável, as quais correspondem as letras A, B e C respectivamente (VAN SOEST, 1982). Um dos modelos exponenciais propostos é o de MEHREZ, ORSKOV & McDONALD (1977),  $p = a + b(1 - e^{-ct})$  (1), onde, "p" representa a taxa de degradação no tempo "t", "a" corresponde a fração solúvel, "b" a degradável e "c" a taxa de degradação de "b". As frações a e b, referidas na fórmula, são as letras A e B mencionadas por VAN SOEST (1982), assim a fração não degradável é igual  $100 - (a+b)$ . Este modelo, mais tarde foi apresentado de uma forma mais simples por SAID et al. (1988) e SAMPAIO (1988),  $p = A - b \cdot e^{-c \cdot t}$  (2), onde A é a fração potencialmente degradável, correspondendo ao  $a+b$  de equação (1). Estes modelos não consideram o trânsito da digesta pelos múltiplos reservatórios existentes ao longo do TGI do ruminante. ARIELI et al. (1989), entre outros pesquisadores, verificaram que a degradação ruminal é afetada significativamente pela taxa de passagem. RODRIGUEZ (1986), observou que o consumo de grande quantidade de material degradável com baixa taxa de degradação, ou seja, volumoso afetou a taxa de passagem. Assim sendo, a degradabilidade potencial termina por sofrer uma limitação relativamente restrita, imposta pelo tempo de permanência no rúmen-retículo, o que

gera um coeficiente de degradabilidade efetiva (DE). A inclusão da taxa de passagem ( $K_1$ ) foi feita por ORSKOV & McDONALD (1979) levando em conta os parâmetros a, b e c do modelo (1),  $DE = a + b \cdot c / (c + k)$  (3), onde, "a" corresponde a fração solúvel em água, desaparecendo totalmente no rúmen, portanto, não passando para os outros compartimentos do TGI, "b" representa a fração insolúvel em água potencialmente degradável e "c" é a taxa de degradação de "b" em função do tempo. A existência de um tempo de colonização (TC) antes do início da degradação da fração degradável, de acordo com ORSKOV & McDONALD (1979), influenciaria a interpretação dos parâmetros "a" e "b" do modelo, pois extrapolando até o tempo zero, o "a" pode ser negativo e "b" ser maior que (a+b). Portanto, Mc DONALD (1981) fez uma modificação no modelo anteriormente proposto (3), incluindo a variável TC,  $p = a + b \cdot c / (c + k) (e^{-c \cdot TC})$  (4).

Ao se utilizar da técnica "in situ" para avaliar a digestibilidade da fibra, SUSMEL et al. (1990) recomendaram incluir a variável TC no modelo. A degradação no tempo zero de incubação, ou seja, o desaparecimento da MS após a lavagem das bolsas de náilon em água corrente (SAID et al., 1988), pode ser calculado a partir dos parâmetros da equação (1), sendo  $t = zero$ .

### Taxa de passagem: fração sólida ruminal

A taxa de passagem das partículas do alimento para fora do rúmen depende do nível de ingestão e do tipo da dieta, bem como a forma e as características das partículas do alimento (OWENS & GOETSCH, 1986). A taxa de passagem do alimento do rúmen para o TGI (Trato gastrointestinal) posterior é estimada pelo uso de marcadores externos, os quais podem ou não estarem associados com partículas do alimento (ELLIS et al., 1982). Dentro das opções de indicadores da fase

sólida, comumente a escolha recai no cromo, geralmente impregnado à fibra, tornando-a mordentada. Todavia, a fibra assim mordentada pode tornar-se mais densa, por consequência, superestimaria o tempo médio de retenção (TMR) da digesta no TGI. A ingestão voluntária de forragens é afetada por fatores tais como relação folha:haste, forma de processamento ou grau de maturidade. De acordo com LASCANO, et al. (1990), é de importância fundamental o conhecimento desses fatores para a formulação de programas eficientes de alimentação e no desenvolvimento ou seleção de plantas forrageiras de maior qualidade nutritiva.

A forragem ingerida dividi-se em conteúdo celular (CC), parede celular digestível e parede celular indigestível. Grande parte do CC que entra no trato digestivo desaparece por digestão a uma taxa de digestão  $K_d$ , outra pequena parte desaparece por passagem, a uma taxa de passagem  $K_p$ ; essa fração, CC, é considerada de disponibilidade nutritiva quase total (ELLIS, 1978). A parede celular, no entanto, apresenta uma porção digestível que desaparece do rúmen por digestão ( $K_d$ ) e passagem ( $K_p$ ) e uma fração indigestível, que só desaparece por passagem ( $K_p$ ). Portanto, o trânsito da digesta é mais influenciado pela parede celular que influencia o consumo voluntário, sendo possível quantificá-lo pela equação, **Consumo = Volume .  $K_p/[K_p/(K_p+K_d)]$** , sendo que o volume é igual  $K_g^{0,57}$  (OWENS & GOETSCH, 1988). Estes autores citaram que a  $K_p + K_d$  é igual à taxa de passagem total ( $K_t$ ), quando os compostos são digestíveis. Obtida dividindo-se a ingestão diária pelo conteúdo ruminal. A  $K_t$  sempre será maior que  $K_p$ , pois inclui ambas as perdas, passagem ( $K_p$ ) e digestão ( $K_d$ ). Quando os compostos são indigestíveis no rúmen, apenas passam para o omaso,  $K_t$  é igual a  $K_p$ . Se se ignora o tempo de colonização  $K_d = K_t - K_p$ , considerando que os CC são potencialmente digeríveis, a

equação proposta por ELLIS (1978) pode ser rescrita da seguinte forma, **Consumo = Volume .  $K_p/[k_p/kt]$** . Na realidade, segundo estes autores, devido a  $K_d$  ser diferente ou específica para cada componente do alimento, o que se observa é o que eles chamaram de taxa de passagem diferencial. Baseado nisso, verifica-se que a  $K_p$  de forragens é sempre menor do que outros alimentos ( $K_p$  forragem = 1% a 6%/ h;  $K_p$  concentrados = 2% a 7%/ h). A principal medida de avaliação da taxa de passagem é o parâmetro TMR, sugerido por WARNER (1981). Espera-se que qualquer tratamento que altere o consumo também afete o referido parâmetro. No entanto, fica difícil atribuir a mudança entre o efeito direto do nível quantitativo de consumo e o efeito indireto da evolução qualitativa da ração.

#### **Fração líquida ruminal.**

O interesse dos pesquisadores que estudam a absorção e utilização de nutrientes no rúmen tem recaído sobre o volume ruminal. Indicadores de fase líquida são usados não só em estudos de digestibilidade, como nos de balanço hídrico e de determinação do volume ruminal. Uma determinada quantidade do indicador é introduzida no ecossistema ruminal, assim, o volume é calculado da concentração da substância indicadora depois da sua difusão uniforme no líquido ruminal. HYDEN (1961), citado por UDEN et al. (1980), que criou um modelo matemático no sentido de estudar os movimentos hídricos ruminais, valendo-se do polietileno glicol (PEG). Além de implicações relativas ao seu peso molecular, esta substância pode precipitar-se com taninos, cuja concentração é alta nas forragens tropicais (UDEN et al., 1980). Com essas desvantagens apresentadas pelo PEG. Os autores testaram o quelato CO(III)-EDTA . 3H<sub>2</sub>O, concluindo que precauções devem ser levadas em conta a respeito do seu uso em espécies animais com tempo de retenção de líquido mais longo. TAMMINGA et al. (1989)

utilizaram o CO-EDTA e verificaram, que a passagem de nitrogênio amoniacal foi menor do que a taxa de passagem do CO-EDTA, embora fosse esperado uma semelhança entre elas. Supõe-se, portanto, que o N do alimento não degradado esteja amplamente associado com FDN e sua taxa fracional de passagem apresenta-se lenta. Já o N microbiano passa junto com a fase líquida e parcialmente com a fase sólida, portanto, a taxa fracional do N está entre a do líquido (CO-EDTA) e a do sólido (FDN), contudo, parte do N microbiano está livre no meio ruminal e possivelmente deixaria o rúmen igualmente ao CO-EDTA. Se isto é considerado e o remanescente é igual ao total de FDN, a contribuição do "pool" de micróbios livres no meio ruminal pode ser estimada. Esta contribuição, neste trabalho, variou de 45 a 68%, em vacas de leite recebendo dietas ricas em concentrado.

#### Relação intra-ruminal da energia: proteína.

NOCEK & RUSSEL (1988) preconizaram que a amplitude da fermentação das proteínas (PT) e carboidratos (CHO) no rúmen seja controlada por uma série de eventos como taxa de hidrólise de proteína, taxa de captação de peptídeos e aminoácidos pelos microrganismos ruminais, disponibilidade de carboidratos para prover de ATP, síntese de proteína microbiana e presença de bactérias metanogênicas, que mantém a pressão de hidrogênio baixa no rúmen, possibilitando a oxidação pelas enzimas NADH<sub>2</sub> e NADPH<sub>2</sub>. O sistema de alimentação de ruminantes é baseado na fermentação ou digestibilidade da matéria orgânica (MO) (KROPP et al., 1977). A síntese de N microbiano foi fortemente relacionado com a digestibilidade dos CHO do que MO (r<sup>2</sup> = 0,98 vs. r<sup>2</sup> = 0,91) segundo HARSTAD & VIKMO (1985), e que a disponibilidade de CHO foi responsável por 90% da variação da produção de proteína microbiana (ROHR,

1986). As dietas com forragens contribuíram para síntese de 45g de N microbiano/kg de CHO digestível. A produção foi mais baixa (29g N Microbiano/kg), quando se utilizaram dietas com concentrado. A produção teórica máxima de MS microbiana é de 40g, ou seja, 4g N/100g CHO e um valor de manutenção de 50mg CHO/g MS microbiana/hora. (HVELPLUND & MADSEN, 1985). A disponibilidade de CHO ruminal pode ser estimada, segundo NOCEK & RUSSEL (1988), pela seguinte equação,  $DER = \{0,9 [SDN - (proteína + lípide)] + [FDN \cdot FDN \text{ disponível}] / \{[SDN - (proteína + lípide)] + FDN\}$ , onde:

DER = disponibilidade de energia ou CHO no rúmen;

SDN = solúveis em detergente neutro = 100-FDN;

FDN = fibra detergente neutro.

A fração não estrutural é quase totalmente digerida no rúmen em 24h, daí o valor 0,9 ou 90% (NOCEK & RUSSEL, 1988). Na determinação da relação energia:proteína estes autores levaram em consideração certas relações entre variáveis dependentes e independentes as quais estão abaixo relacionadas:

<i>Dependente vs. independente</i>	R <sup>2</sup>
MS ingerida vs. CHO ingerido	0,96
MS ingerida vs. ingestão de EI da lactação	0,95
MS ingerida vs. ingestão de CHO disponível no rúmen	0,82
MS ingerida vs. PB ingerida	0,81
MS ingerida vs. FDN ingerida	0,78
PL vs. MS ingerida	0,81
PL vs. ingestão EL da lactação	0,69
PL vs. ingestão CHO disponível no rúmen	0,60
PL vs. PB ingerida	0,64
PL vs. CHO ingerido	0,65

Verifica-se que o parâmetro MS foi mais correlacionado com a produção de leite (PL). Na ingestão de MS o nutriente de maior importância foi a energia. Contudo, BLAUWIEKEL & KINCAID (1986) já haviam verificado que a ingestão de CHO foi importante e preciso na PL, mais do que DER. Trabalhando com vacas produzindo 30kg de leite/dia, observaram que a quantidade de DER consumida foi de 8,5Kg/dia, onde a máxima produção de proteína microbiana foi encontrada. A ingestão de proteína disponível no rúmen (PDR) foi de 2,1Kg/dia. O que reflete uma relação diária de NDT:PB de 4:1. No rúmen, a relação entre proteína e CHO ingeridos e a síntese de proteína microbiana pode ser predita pela quantificação dos CHO, DER, PB e PDR. A disponibilidade de CHO e N ruminais, individualmente, têm forte efeito sobre a ingestão de MS, porém as relações com PL são inexpressivas (WHITELAW et al., 1986). Vários fatores estão ligados intrinsecamente à resposta animal, como por exemplo os fatores endócrinos e a própria fisiologia metabólica e podem confundir a relação entre as dietas e a produção de leite. O efeito estimulatório da proteína parece gerar um ciclo, no qual verifica-se melhor eficiência na síntese de proteína microbiana, aumento na digestibilidade da MS com conseqüente elevação da taxa de diluição, aumento na ingestão de alimentos, conduzindo, finalmente, a uma maior ingestão de energia (NOCEK & RUSSEL, 1988). VAN HORN et al. (1985) sugeriram que a relação de energia:proteína (NDT:PB) descreve mais acuradamente os requisitos de proteína do que a porcentagem de PB na MS. Variando a relação NDT:PB, ocorreu uma tendência de maior resposta de produção, quando a energia foi restrita, resultados consonantes com a suposição de que a PB pode nortear a ingestão de energia. PAQUAY et al. (1973) concluíram que a maior proporção de CHO fermentecível, provavelmente, estimulou a

utilização do N digestível para produção de leite, não obstante a ingestão total de energia, provendo os microrganismos ruminais de mais CHO e, conseqüentemente, mais energia metabolizável (EM) para a vaca.

### COMENTÁRIOS

O rúmen, por meio de seus microrganismos e movimentos, desempenha importante papel na vida e produção dos ruminantes. A vida simbiótica dos microrganismos propiciam a digestão de alimentos volumosos, transformando-os em princípios nutritivos fundamentais a eles próprios e ao hospedeiro. Com as técnicas de avaliação atualmente disponíveis é possível determinar as flutuações de digestão dos alimentos, quantificando-as, além de criar modelos matemáticos, os quais, com constantes aperfeiçoamentos, contribuem no entendimento sobre o complexo sistema digestivo dos ruminantes. Atualmente, alguns países americanos e europeus possuem modelos próprios de nutrição de ruminantes. No Brasil, em recente encontro sobre nutrição de ruminantes, foi apresentado dados suficientes para o início de elaboração de um modelo de nutrição semelhante aos da Inglaterra, Estados Unidos, França e outros.

A qualidade das pesquisas, geradas pelas universidades e instituições na área de nutrição de ruminantes, é reconhecida pela comunidade internacional.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. Characterisation of Feedstuffs: Nitrogen. *Nutr. Abst Rev B*, v.57, n.12, p. 713-736, 1987.

- AKIN, D.E., AMOS, H.E. Rumen bacterial degradation of forage cell walls investigated by electron microscopy. *Appl Microbiol*, v.29, p. 692-701, 1975.
- AKIN, D.E., BURDICK, D., MICHAELS, G.E. Rumen bacterial interrelationships with plant tissue during degradation revealed by transmission electron microscopy. *Appl Microbiol*, v.27, n.5, p. 1149-1156, 1974.
- ALLEN, M.S., MERTENS, D.E. Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. *J Nutr*, v.118, n.2, p. 261-270, 1988.
- ARIELI, A., BRUCKENTAL, I., SMOLER, E. Prediction of duodenal nitrogen supply from degradation of organic and nitrogenous matter "in situ". *J Dairy Sci*, v.72, n.10, p. 2532-2539, 1989.
- BARBI, J.H.T. **Avaliação da degradabilidade ruminal de quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte pela técnica "in situ"**. Belo Horizonte, Escola de Veterinária, UFMG, 1991. 67p (Tese de Mestrado).
- BLAUWIEKEL, R., KINCAID, R.L. Effect of crude protein and solubility on performance and blood constituents of dairy cows. *J Dairy Sci*, v.69, n.8, p. 2091-2098, 1986.
- CAMPLING, R.C., MURDOCH, J.C. The effect of concentrates on the voluntary intake of roughages by calls. *J Dairy Res*, v. 33, n.1, p. 1-11, 1966.
- CORAZZA, M., ANDRADE, P., ROSA, L.C.A. et al. Correlação entre a degradação "in vitro" e a digestibilidade "in vivo" de feno de duas gramíneas tropicais. *Pesq Agrop Bras*, v.21, n.1, p. 61-66, 1986.
- CRAMPTON, E.W., DONEFER, E., LLOYD, L.E. A nutritive value index for forage. *J Anim Sci*, v.19, n.2, p. 538-544, 1960.
- CZERKAWSKI, J.W. **An introduction to rumen studies**, Oxford: Pergamon, 1986, 236p.
- ELLIS, K.J., LABY, R.H., COSTIGAN, P. et al. Continuous administration of chromic oxide to grazing cattle. *Procc Nut. Soc Aust*, v.7, n.2, p. 177-184, 1982.
- ELLIS, W.C. Determinants of grazed forage intake and digestibility. *J Dairy Sci*, v.58, n.12, p. 1828-1840, 1978.
- EL-SHAZLY, K., DEHORITY, B.A., JOHNSON, R.A. Effect of starch on the digestion of cellulose "in vitro" and "in vivo" by rumen microorganisms. *J Anim Sci*, v.20, n.2, p. 268-273, 1961.
- FAICHNEY, G.Y., BLACK, J.L. Modelling rumen function and the absorption of nutrients. In: Baldwin, R.L. & Bywater, A.C. (eds.). II. International Workshop on Modelling Ruminant Digestion and Metabolism. *Proceedings...* University of California, Davis, 39p., 1984.
- FRANKLIN, K.K., WINCH, J.E., McCLEOD, G.K. The effect of concentrate on the digestion of Bromegrass constituents. *Canad J Anim Sci*, v.61, n.3, p. 935-944, 1981.
- GOMIDE, J.A. Contribuição das pastagens para a dieta dos ruminantes. *Inf Agrop*, Belo Horizonte, v.9, n.108, p. 3-10, 1983.
- HANNA, W.E., MONSON, W.G., BORTON, G.W. Histological examination of fresh forage leaves after "in vitro" digestion. *Crop Sci*, v.13, n.1, p. 98-102, 1973.

- HARSTAD, O.M., VIK-MO, L. Estimation of microbial and undegraded protein in sheep on grass silage based diets. **Acta Agric Scand**, Suppl. 25, p. 37-48, 1985.
- HERRERA, R.S. Some factors affecting the quality of pastures. **Cuban J Agric Sci**, Cuba, v.19, n.2, p. 233-241, 1985.
- HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **J Dairy Sci**, v.69, n.5, p. 2755-2766, 1986.
- HOVELL, F.D. DEB, NGAMBI, S.W.W., BARBER, W.P., KYLE, D.J. The voluntary intake of hay by sheep in relation to its degradability in the rumen as measured in nylon bags. **Anim Prod**, v. 42, n.1, p. 111-118, 1986.
- HVELPLUND, T., MADSEN, J. Amino acid passage to the small intestine in dairy cows compared with estimates of microbial protein and undegraded dietary protein from analysis on the feed. **Acta Agric Scand** Suppl. 25, p. 21-24, 1985.
- KEMPTON, T.J. The use of nylon bags to characterize the potencial degradability of feeds for ruminants. **Trop Anim Prod**, v.5, p. 107-116, 1980.
- KROPP, J.R., JOHNSON, R.R., MALES, J.R. et al. Microbial protein synthesis with low quality roughage rations: level and source of nitrogen. **J. Anim. Sci.**, v. 46, n.4, p. 844 -854, 1977.
- LASCANO, C.E., BOREL, R., QUIROZ, R. et al. Recomendaciones sobre metodologia para la medición de consumo y digestibilidad "in vivo". In: Ruiz, M. & Ruiz, A. (eds.) **Nutrición de Ruminantes. Guia Metodológico de Investigación**. Alpa Rispal, San José, Costa Rica, p. 159-168, 1990.
- MACKIE, R.I., WHITE, B.A. Recent advances in rumen ecology and metabolism: potential impact on nutrient output. **J. Dairy Sci.**, v.73, n.5, p. 2971-2995, 1990.
- McDONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **J Agric Sci**, v.96, n.2, p. 251-252, 1981.
- McLEOD, M.N., KENNEDY, P.M., MINSON, D.J. Resistance of leaf and stem fraction of tropical forage to chewing and passage in cattle. **Brit J Nutr**, v. 63, n.1, p. 105-119,1990.
- MEHREZ, A.Z., ORSKOV, E.R., McDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **Brit J Nutr**, v.38, p. 337-443, 1977.
- MINSON, D.J., TUDOR, G.P. The utilization of the dietary energy of pangola and setaria by yong growing beef cattle. **J Agric Sci**, v. 98, n.2, p. 395-404, 1982.
- NOCEK, J.E. "In situ" and other methodes to stimate ruminal protein and energy digestibility: A review. **J Dairy Sci**, Champaing, v.71, n.8, p. 2051-2069, 1988.
- NOCEK, J.E., RUSSEL, J.B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availubility to microbial synthesis and milk production. **J Dairy Sci**, v. 71, n.6, p. 2070-2107, 1988.
- ORSKOV, E.R. Importância relativa de la digestion ruminal y post-ruminal respecto a la nutricion proteica y energetica en ruminants. **Prod Anim Trop**, v.3, n.1, p. 09-105, 1978.

- ORSKOV, E.R., DEB HOVELL, F.D., MOULD, F. Uso de la tecnica de la bolsa de nylon para la valuacion de los alimentos. **Prod An Trop**, v.5, n.1, p. 213-233, 1980.
- ORSKOV, E.R., McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **J Agric Sci**, v.92, n.2, p. 499-503, 1979.
- OWENS, F.N., GOETSCH. Ruminant Fermentation. In: Church, D.C., **The ruminant animal - Digestive physiology and nutrition**, Prentice Hall, New Jersey, U.S.A., 1988, p. 145-216.
- PAQUAY, R., GODEAU, J.M., De BAERE, R. et al. Utilization of nutrients by the dairy cow and optimal N: energy ration in the diet. **J Dairy Res**, v. 40, n.3, p. 329-338, 1973.
- POND, K.R., ELLIS, W.C., LASCANO, C.E., AKIN, D.E. Fragmentation and flow of grazed coastal bermudagrass through the digestive tract of cattle. **J Anim Sci**, v.65, n.3, p. 609-618, 1987.
- RODRIGUEZ, N.M. Importância da degradabilidade da proteína no rúmen para a formulação de rações para ruminantes. **Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária UFMG**, Belo Horizonte, v.1, p. 27-45, 1986.
- ROHR, K. Physiological aspects in the rumen in relation to the level of production in ruminants. **Arch Anim Nutr**, v.36, n.2, p. 182-190, 1986.
- SAID, A.N., PIKE, D.J., OWEN, E. Dacron bag technique for comparing rumen degradability of untreated and ammonia-treated barley straw-effect of particle size and degree of replication. **Trop An Prod**, (in press), 1988.
- SAMPAIO, I.B.M. **Experimental designs and modelling techniques in the study of roughage degradation in rumen and growth of ruminants**. Reading, University of Reading, 1988. 228p. (Ph. D. Thesis).
- SAMPAIO, I.B.M. Seleção dos pontos experimentais de colheita de material para o estudo da degradação da matéria seca no rúmen. Reunião Anual da SBZ, 27., Campinas-SP, 1990. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 1990, p. 13.
- SAVASTANO, S. **Efeito do nível do concentrado sobre parâmetros digestivos do feno de capim gordura. (Melinis minutiflora Pal de Beauv.) em bovinos**, Belo Horizonte, Escola de Veterinária-UFMG, 1993. 142p. Tese (Mestrado em Zootecnia).
- SLYTER, L.L. Influence of acidosis on rumen function. **J Anim Sci**, v. 43, n.3, p. 910-929, 1976.
- SMITH, L.W. GOERING, H.K., GORDON, C.H. Relationships of forage compositions with rates of cell wall digestion and indigestibility of cells walls. **J Dairy Sci**, v.55, n.8, p. 1140-1147, 1972.
- STOBBS, T.H., MINSON, D.J. Nutrition of ruminants in the tropics. In: Church, D.C. **Digestive physiology and nutrition of ruminants**. Oregon: Brookstores, v.3, 1980, p. 257-277.
- SUSMEL, P., STEFANON, B., MELLIS, C.R. et al. Rumen degradability of organic matter nitrogen and fibre fractions in forages. **Anim Prod**, v.51, n.4, p. 515-526, 1990.
- TAMMINGA, S., ROBINSON, P.H., VOGT, M., BOER, H. Rumen ingesta kinetics of cell wall components in dairy cows. **Anim Feed Sci Techn**, Amsterdam, v.25, n.1-2, 1989.

- THIAGO, L.R.L. de S., GILL, M. **Consumo Voluntário: fatores relacionados com a degradação e passagem da forragem pelo rúmem.** Campo Grande, EMBRAPA - CNPGC, 65p., 1990, (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 43.).
- UDEN, P. Digestibility and digesta retention in dairy cows receiving hay or silage at varying concentrate levels. **Anim Feed Sci Technol**, v.11, n.2, p.279-291, 1984.
- UDEN, P., COLUCCI, P.E., VAN SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **J Sci Food Agric**, v.31, n.3, p. 625-32, 1980.
- VACCARO, L. Mediciones de respuesta animal en ensayos de pastoreo: vacas lecheras y de doble propósito. In: CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Evaluación de pasturas con animales. Alternativas metodológicas. **Memórias**, Cali, Colômbia, 1985, p. 127-141.
- VAN HORN, H.H., BLANCO, O., HARRIS Jr., B. et al. interaction of protein percents with caloric density and protein percent with caloric density and protein source for lactating cows. **J Dairy Sci**, v.68, n.6, p. 1682-1690, 1985.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**, Corvallis, Oregon: O & B Books, 1982. 374p.
- VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive systems for analysis and its application to forage. **J An Sci**, v.26, n.1, p. 119-128, 1967.
- VERITÉ, R., des BARDES, H., MARSHALL, R.J. et al. Degrababilité en sachets des matières azotées des aliments concentrés: Standardization de la méthode et variabilités intra et interlaboratoires. **Reprod Nut Develop Suppl. 2**. p. 161-162, 1990.
- VINET, C., BOUCHARD, R., LAURENT, G.J. Efectos of stage of maturity of timothy hay and concentrate supplementation on performance of lactating dairy cows. **Canad J Anim Sci**, v.60, n.2, p. 511-521, 1980.
- WARNER, A.C.I. Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds. **Nut Abst Rev**, v. 51, n.6, p. 789-796, 1981.
- WELCH, J.G. Physical parameters of fiber affecting disappearance from the rumen. **J Dairy Sci**, v. 69, n.10, p. 2750-2754, 1986.
- WHITELAW, F.G., MILNE, J.S., ORSKOV, E.R. et al. The nitrogen and energy metabolism of lactating cows given abomasal infusions of casein. **Brit J Nutr**, v.55, n.3, p.537-556, 1986.
- WILKINS, R.J. The potential digestibility of cellulose in forage and faeces. **J Agric Sci, Cambridge**, v.73, n.1, p. 57-65, 1969.