

Características Físicas da Digesta de Bezerros Provenientes de Rebanhos Leiteiros Alimentados com Dietas Contendo Diferentes Níveis de Concentrado¹

José Carlos Pereira², Samuel Pereira de Freitas³, Augusto César de Queiroz³, José Fernando Coelho da Silva², Maria Ignez Leão², Gherman Garcia Leal de Araújo⁴

RESUMO - Este trabalho foi realizado para avaliar as características físicas da digesta ao longo do trato gastrintestinal e examinar a concepção de “tamanho crítico” de partículas que escapam do retículo-rúmen (RR), em bezerros de rebanhos leiteiros, submetidos a dietas com diferentes níveis de concentrado. Trinta e dois bezerros machos não-castrados, metade holandeses PC e metade mestiços (Holandês x Zebu), foram abatidos com idade média seis meses e 190 kg PV, após jejum de 16 horas. As dietas, fornecidas à vontade, foram constituídas de feno de capim *coast-cross* e diferentes níveis de concentrado (milho moído, farelo de soja e sal mineral): 45,0; 60,0; 75,0; e 90,0% de concentrado na ração. Os conteúdos do RR, omaso (OM), abomaso (ABO), intestino delgado (ID) e intestino grosso (IG) foram amostrados para avaliar o tamanho médio de partícula (TMP), o módulo de finura (MF) e a resistência relativa média (RRM) ao escape e examinar a concepção de um “tamanho crítico” de partículas que abandonam o RR. A ingestão de dieta com níveis crescentes de concentrado não influenciou o TMP e o MF, já que as partículas escaparam do RR. Portanto, o tamanho das partículas do IG poderia representar o tamanho das partículas que escapam do RR. Neste estudo, mais de 80% das partículas presentes no RR foram inferiores ao tamanho considerado crítico ao escape, indicando que a redução do tamanho, embora seja pré-requisito, não foi o passo limitante que regula a saída de material do RR. A resistência relativa da digesta ao escape do RR cresce à medida que as partículas são maiores, porém a RRM decresce com níveis crescentes de concentrado na dieta.

Palavras-chave: bezerros, nível de concentrado, tamanho de partícula, trato gastrintestinal

Physical Characteristics of the Digesta of Dairy Bull Calves Fed Diets with Different Levels of Concentrate

ABSTRACT - This work was carried out to evaluate the physical characteristics of the digesta throughout the gastrointestinal tract and to exam the conception of critical particle size that escape from the reticulum-rumen (RR), in the dairy bull calves fed diets with different concentrate levels. Thirty two dairy bull calves, one half straightbred Holstein and half crossbreed Holstein-Zebu, slaughtered with average six months of age and 190 kg LW, after fasting for 16 hours. The diets fed libitum were constituted of *coast-cross* hay, and of different concentrate levels (ground corn, soybean meal and mineral salt): 45.0, 60.0, 75.0, and 90.0 of concentrate in diet. The content of RR, omasum (OM), abomasum (ABO), small (SI) and large intestine (LI) were sampled to evaluate the average particle size (APS), modulus of fineness (MF) and average relative resistance (ARR) to escape, and to exam the critical particle size conception that escaped from the RR. The intake of diet with crescent levels of concentrate did not influence the APS and the MF, as the particles already escaped the RR. Consequently, the particle size of the LI could represent the particle size that escape RR. In this study, more than 80% of the particles presented in the RR were lower than the critic particle size threshold to escape, showing that the reduction of particle size, although it was a prerequisite for escape, it was not the rate-limiting step regulating the RR material clearance. The relative resistance of the digesta to escape from the RR increased as the particles was larger, although the ARR decreased with the increase of the concentrate levels in the diet.

Key Words: bull calves, concentrate level, particle size gastrointestinal tract

Introdução

O valor nutritivo das dietas dos ruminantes é influenciado pela taxa em que os nutrientes são degradados no rúmen e pela taxa de remoção das partículas que influencia a saída de material do rúmen-retículo (RR) e a concentração dos nutrientes através

do trato gastrintestinal (OSBOURN et al., 1976; POPPI et al., 1980).

O processo de geração e movimentação das partículas da digesta em ruminantes é visto como importante componente de sua digestão. Uma aproximação quantitativa permite que o valor nutritivo dos alimentos seja definido mais precisamente e melhora nossa habilidade

¹Parte da tese de Mestrado do segundo autor - DZO - UFV.

²Professor Titular do DZO-UFV, Bolsista do CNPq.

³Técnico da EMATER-MG.

⁴Pesquisador da EMBRAPA-Petrolina-PE.

em manipular a dinâmica do processo, no sentido de aumentar a eficiência (ULYATT et al., 1986).

Os volumosos consumidos pelos ruminantes são fisicamente degradados em fragmentos cada vez menores, pela combinação dos seguintes mecanismos: mastigação inicial durante alimentação, seguida pela mastigação durante a ruminação; fricção durante o movimento da digesta; e digestão.

WILSON et al. (1989 a, b) mostraram que a mastigação inicial durante a alimentação reduziu o tamanho de partículas de gramíneas mais em comprimento que na largura. A redução do tamanho das partículas é um processo central no controle do consumo, em que dietas volumosas são impedidas pela resistência das partículas ao escape do RR; este efeito é bem explícito quando o consumo de volumoso cresce, como resultado da redução do tamanho das partículas pela moagem e peletização (MURPHY e KENNEDY, 1993).

Quando o tamanho das partículas foi estimado no bolo deglutido, utilizando-se a técnica do peneiramento, GILL et al. (1966) observaram declínio no tamanho médio das partículas durante a refeição. A mastigação inicial em bovinos tem menor frequência, sendo menos eficiente, que em ovelhas, na redução do tamanho das partículas, e os volumosos verdes são mais eficientemente mastigados que os secos (ULYATT et al., 1986). Para a mesma dieta, observou-se que, algumas vezes, o nível de consumo pode estar positivamente relacionado ao tamanho médio de partícula, mas não há afinidade simples entre a extensão da redução do tamanho das partículas e o conteúdo de fibra (LEE e PEARCE, 1984).

Segundo POPPI et al. (1980), quando as partículas passam para fora do rúmen, há resistência conforme o tamanho das mesmas. Caso todas as partículas menores que o tamanho crítico abandonassem o rúmen com a mesma facilidade, a proporção dos diversos tamanhos de partículas seria o mesmo no conteúdo de ambos os compartimentos: RR e abomaso (ABO). No entanto, esses autores verificaram aumento na resistência relativa ao escape, quando o tamanho das partículas aumentava.

As partículas grandes possuem probabilidade menor que as pequenas de saírem do RR (REID et al., 1977; ULYATT et al., 1986; e KASKE e ENGELHARDT, 1990); contudo, o diâmetro do orifício retículo-omasal observado por McBRIDE et al. (1983) é mais largo que o tamanho de partícula considerado crítico. A influência do tamanho das partículas na passagem tem sido superestimado por

muitos autores, pois partículas plásticas de 10 e 20 mm com alta densidade (1,44 g/mL) foram encontradas nas fezes 12 horas após a ingestão, na mesma proporção das partículas pequenas (1 mm) com baixa densidade, 0,92 e 1,03 g/mL (KASKE e ENGELHARDT, 1990). Esses resultados demonstraram que partículas grandes são capazes de passar pelo orifício retículo-omasal, se estiverem presentes no retículo, quando ocorre sua abertura.

Existem relativamente poucos trabalhos a respeito das características físicas da digesta ao longo do trato gastrointestinal de bezerros. Dessa forma, os objetivos deste trabalho foram investigar os efeitos de níveis crescentes de concentrado na dieta sobre algumas características físicas da digesta, como tamanho médio de partícula (TMP) módulo de finura (MF) e resistência relativa média (RRM) ao escape, em diferentes seções do trato gastrointestinal (TGI) de bezerros provenientes de rebanhos leiteiros, bem como examinar a concepção de "tamanho crítico" de partículas que abandonam o RR.

Material e Métodos

Os animais e as dietas, bem como toda a descrição do manejo para a condução do experimento, foram descritos por PEREIRA et al. (1999). Os animais foram abatidos à medida que atingiram o peso médio de 190 kg, submetidos a jejum prévio de 16 horas, porém com água à vontade. Em seguida, o trato gastrointestinal (TGI) foi removido e pesado; na seqüência, os compartimentos foram separados nas junções entre as seções RR e OM, OM e ABO, ABO e ID, ID e IG e, após, pesados cheio e vazio, após bem lavados e escorrida a água. Todo o conteúdo de cada seção foi homogeneizado em recipientes separados e, então, amostrados e congelados.

Posteriormente, as amostras de digesta de cada seção do TGI foram descongeladas à temperatura ambiente, homogeneizadas manualmente e processadas para remover a interferência do efeito cimentante da proteína, permitindo a separação dos agregados sem uso da força mecânica, de acordo com SMITH e WALDO (1969), com ligeiras modificações. Para isto, foi utilizado detergente líquido comum, enriquecido com 1% de sulfato láurico de sódio, na dosagem de 100 mL em 2 litros de água, com aproximadamente 500 g de digesta, utilizando-se um tempo de fervura de 30 minutos. Após este processamento, as amostras foram passadas em peneira com abertura de poro de 0,106 mm, apoiada em suporte apropriado. Repe-

tiu-se este processo por mais uma vez, totalizando um tempo de fervura de uma hora por amostra. Posteriormente, foram secas em estufa de ventilação forçada a 65°C. As amostras foram então umedecidas com acetona e levemente pressionadas, para separação das partículas. Desse modo, estavam prontas para o peneiramento seco, após entrar em equilíbrio com a umidade do ar atmosférico.

A determinação dos parâmetros físicos foi realizada após ter sido feita a preparação não-destrutiva das partículas da digesta seca; em seguida, aplicou-se a técnica do peneiramento seco, segundo SMITH e WALDO (1969). Para isto, usou-se um conjunto de seis peneiras com aberturas do poro de 0,149; 0,297; 0,590; 1,190; 2,380; e 4,760 mm, diâmetro de 20 cm e profundidade de 5 cm, montadas na forma de pilha em ordem crescente de abertura de poro, em equipamento PRODUTEST com rotor na posição 10, e peneirando durante 10 minutos, tempo suficiente para alcançar o equilíbrio de peso nas peneiras, de acordo com os procedimentos adotados pela AMERICAN DAIRY SCIENCE ASSOCIATION - ADSA (1970). O material seco retido em cada peneira foi calculado em relação ao total de peso do material seco retido nas seis peneiras, sendo expresso em porcentagem. O peso do material seco acumulado foi calculado para cada peneira como a proporção de peso seco total que seria retida por esta peneira, ou seja, o peso seco retido em uma peneira em particular mais aquele retido nas peneiras de poro imediatamente superiores, expresso também em porcentagem.

Para a caracterização física da digesta, foi utilizado o tamanho médio de partícula (TMP), calculado pelos parâmetros (k e w) da equação exponencial, sugerida por Pond et al., em 1984, citado por FISCHER et al. (1988): $R = 100 * e^{-(k * (S - W))}$, e o módulo de finura (MF) - uma medida adimensional que expressa a finura da amostra - foi determinado de acordo com a metodologia recomendada pela AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS - ASAE (1969a, b) e adotada pela AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE - ASAS (1969).

Para se calcularem os parâmetros da equação exponencial, utilizou-se o procedimento de regressão não-linear de Gauss Newton, do Sistema de Análise Estatística e Genética (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV, 1995).

A resistência relativa ao escape do rúmen, das partículas retidas em cada peneira usada neste estudo, foi calculada assumindo que as partículas retidas na peneira de abertura de poro igual a 0,149 mm

passam sem resistência, conforme a fórmula descrita por POPPI et al. (1980):

$$\text{Resistência relativa (\%)} = 100 \times \left[1 - \frac{(\text{B no rúmen} \times \text{Y no abomaso})}{\text{B no abomaso} \times \text{Y no rúmen}} \right]$$

em que

B = Porcentagem de partículas retidas na peneira de referência (0,149 mm); e

Y = Porcentagem de partículas retidas na peneira cuja resistência está sendo calculada.

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas o esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro níveis de concentrado (45, 60, 75 e 90) e dois graus de sangue (HPC e mestiço), e nas subparcelas, as cinco seções do trato gastrointestinal (RR, OM, ABO, ID e IG), com quatro repetições. Quando os dados foram referentes à resistência relativa, nas subparcelas utilizaram-se seis tamanhos diferentes de peneira (4,760; 2,380; 1,190; 0,590; 0,297; e 0,149).

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + E_{(ij)l} + C_k + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + E_{ijkl}$$

em que

Y_{ijkl} = observação referente ao animal l, do nível de concentrado i, do grau de sangue j e da seção do trato gastrointestinal k;

μ = média geral;

A_i = efeito do nível de concentrado i, sendo i = 1, 2, 3 e 4;

B_j = efeito do grau de sangue j, sendo j = 1 e 2;

$E_{(ij)l}$ = erro aleatório associado à parcela, suposto normal e independentemente distribuído, com média zero e variância σ^2 ;

C_k = efeito da seção do trato gastrointestinal k, sendo k = 1, 2, 3, 4 e 5;

AC_{ik} = efeito da interação entre nível de concentrado i e seção do trato gastrointestinal k;

BC_{jk} = efeito da interação entre grau de sangue j e seção do trato gastrointestinal k;

ABC_{ijk} = efeito da interação entre nível de concentrado i, grau de sangue j e seção do trato gastrointestinal k; e

E_{ijkl} = erro aleatório associado à subparcela, suposto normal e independentemente distribuído, com média zero e variância σ^2 .

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância e regressão, adotando-se o nível de 5% de probabilidade para o teste F. As médias dos fatores qualitativos foram comparadas por intermédio do teste Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão,

por intermédio do teste "student" t, em nível de 5% de probabilidade, e dos coeficiente de determinação. Para o processamento dos dados, utilizou-se o programa SAEG 6.0 (UFV, 1995).

Resultados e Discussão

Não houve diferenças significativas entre os bezerros holandeses e mestiços para os parâmetros tamanho médio de partícula (TMP), módulo de finura (MF) e resistência relativa ao escape de partículas do RR.

Mudanças no tamanho médio de partícula e no módulo de finura

Os valores do TMP e MF, respectivamente, no RR, OM, ABO, ID e IG, mantiveram-se constantes, sendo independentes dos níveis de concentrado ($\hat{Y} = 0,700$ e $\hat{Y} = 2,420$), ($\hat{Y} = 0,503$ e $\hat{Y} = 1,945$), ($\hat{Y} = 0,483$ e $\hat{Y} = 1,945$), ($\hat{Y} = 0,470$ e $\hat{Y} = 1,930$) e ($\hat{Y} = 0,465$ e $\hat{Y} = 1,928$).

OWENS e GOETSCH (1986) relataram que a massa de partículas ruminal não foi dependente dos níveis de concentrado, quando o tamanho das partículas da dieta foi constante. Esta conclusão foi obtida ao se observar que a massa de partículas do rúmen de novilhos era constituída de 64,4 e 60,4% de matéria seca da dieta ingerida, de semelhante tamanho de partícula, a qual continha 75 e 25% de concentrado, respectivamente.

Os valores de TMP da digesta homogeneizada no RR e no IG (Tabela 1) concordam com os resultados obtidos por FISHER et al. (1988). Esses autores encontraram TMP de 0,80; 0,65; e 0,44 mm nos extrato superior, inferior e fezes, respectivamente, tendo como volumoso o capim *coast-cross*.

LUGINBUHL et al. (1990) encontraram TMP de 0,44 mm nas fezes, em novilhos também alimentados com capim *coast-cross*. Por outro lado, WAGHORN et al. (1986), WARGHORN et al. (1989), LUGINBUHL et al. (1990) e QUEIROZ et al. (1995) encontraram valores de TMP bem superiores: 1,60; 1,75; 1,19; e 1,73 mm, respectivamente. Essas contradições são atribuídas, provavelmente, a diferenças nas técnicas de peneiramento, associado à forma de fragmentação do feno de capim *coast-cross*, uma vez que, após cada rotina de peneiramento, se constatou, visualmente sobre as peneiras de menor diâmetro, a presença de partículas com comprimento superior ao diâmetro do poro das peneiras. VAN SOEST (1975), apesar de ter sugerido que o peneiramento úmido tende a entrelaçar a fibra, de modo que as partículas são separadas com base em seu comprimento, ao passo que, no peneiramento seco, as partículas são separadas de acordo com seu diâmetro, não apresentou dados experimentais que confirmassem essas sugestões.

Os valores de MF da digesta ruminal, encontrados neste experimento, estão de acordo com os resultados de POPPI et al. (1980), que reportaram valores de 2,52; 2,53; 2,40; e 2,37 para as espécies *Lotononis bainesii*, *Stylosanthes guyanensis*, *Digitaria decumbens* e *Brachiaria decumbens*, respectivamente. Entretanto, no ABO e nas fezes, esses autores, ao encontrarem valores de 1,90 e 1,98, respectivamente, justificaram o ligeiro aumento do MF das partículas das fezes pela dificuldade em obter completa dispersão de todas as partículas da amostra. POPPI et al. (1985) obtiveram em digesta ruminal valores de MF de 2,96 e 2,93 para bovinos consumindo dieta de *Digitaria decumbens*, com base em

Tabela 1 - Tamanho médio de partícula (mm) da digesta nas seções do trato gastrointestinal (TGI), de bezerros provenientes de rebanhos leiteiros, submetidos a dietas com diferentes níveis de concentrado¹
Table 1 - Mean particle size (mm) of the digesta in gastrointestinal tract (GIT) of dairy bull calves fed diets with different levels of concentrate

Seção do TGI <i>GIT section</i>	Tratamento <i>Treatment</i>			
	45	60	75	90
Retículo-rúmen <i>Reticulum-rumen</i>	0,7 ^A	0,7 ^A	0,6 ^A	0,6 ^A
Omaso <i>Omasum</i>	0,4 ^B	0,4 ^B	0,5 ^B	0,5 ^B
Abomaso <i>Abomasum</i>	0,4 ^B	0,4 ^B	0,4 ^B	0,5 ^B
Intestino delgado <i>Small intestine</i>	0,4 ^B	0,4 ^B	0,4 ^B	0,4 ^B
Intestino grosso <i>Large intestine</i>	0,4 ^B	0,4 ^B	0,4 ^B	0,4 ^B

¹ Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

¹ Means, within a column, followed by different letter are different (P<.05) by Tukey test.

folhas e caule, respectivamente. Esses maiores valores explicam-se em razão de as amostras terem sido coletadas 30 minutos após a última refeição, mas os resultados da Tabela 3 são de amostras coletadas após 16 horas de jejum. LUGINBUHL et al. (1990), trabalhando com feno de capim *coast-cross* reportaram que, ao se aumentar o tempo após a alimentação, houve decréscimo linear na porcentagem de partículas grandes, com aumento linear e quadrático nas porcentagens de partículas pequenas e finas, respectivamente, da digesta do extrato superior do rúmen. Segundo MARTZ e BELYEA (1986), amostras de digesta ruminal coletadas em maiores tempos após a última alimentação terão tamanho de partícula menores, porque o animal terá mais tempo para a mastigação.

Nos diferentes níveis de concentrado, o TMP e o MF diferiram ($P < 0,05$) entre o RR e as demais seções

do trato gastrointestinal, ou seja, este estudo mostra que não houve mudança no tamanho, após a saída do RR. Estes resultados concordam com os reportados por SMITH et al. (1967), POPPI et al. (1980), VAN SOEST (1982), ULYATT et al. (1986) e GRENET (1989), que não encontraram diferenças no tamanho de partículas entre o OM e as fezes. Desse modo, o tamanho das partículas do IG pode representar o tamanho das partículas que escapam do RR.

Resistência relativa média (RRM) das partículas ao escape

A análise de regressão da RRM das partículas mostrou efeito linear decrescente ($P < 0,05$) para os níveis de concentrado (Figura 1). Esta diminuição da RRM das partículas à saída do RR é atribuída, provavelmente, à influência da forma das partículas, pois, segundo WELCH (1982), as mais achatadas -

Tabela 2 - Módulo de finura médio da digesta nas seções do trato gastrointestinal (TGI), de bezerros provenientes de rebanhos leiteiros, submetidos a dietas com diferentes níveis de concentrado¹
Table 2 - Modulus of fineness of digesta in gastrointestinal tract (GIT) of dairy bull calves fed diets with different levels of concentrate

Seção do TGI <i>GIT section</i>	Tratamento <i>Treatment</i>			
	C 45	C 60	C 75	C 90
Reticulo-rúmen <i>Reticulum-rumen</i>	2,4 ^A	2,4 ^A	2,4 ^A	2,3 ^A
Omaso <i>Omasum</i>	1,9 ^B	1,9 ^B	1,9 ^B	1,9 ^B
Abomaso <i>Abomasum</i>	1,9 ^B	1,9 ^B	1,9 ^B	1,9 ^B
Intestino delgado <i>Small intestine</i>	1,9 ^B	1,9 ^B	1,9 ^B	1,9 ^B
Intestino grosso <i>Large intestine</i>	1,93 ^B	1,9 ^B	1,9 ^B	1,9 ^B

¹ Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

¹ Means, within a column, followed by different letter are different ($P < 0,05$) by Tukey test.

Tabela 3 - Distribuição média do peso das partículas oriundas do retículo-rúmen, em tamanhos grande, médio, pequeno e fina, em bezerros provenientes de rebanhos leiteiros, submetidos a dietas com diferentes níveis de concentrado

Table 3 - Mean particle weight distribution leaving reticulum-rumen, in large, medium, small and fine sizes in dairy bull calves fed diets with different levels of concentrate

Classe <i>Class</i>	Tratamento <i>Treatment</i>			
	C 45	C 60	C 75	C 90
Grande <i>Large</i>	0,00	0,14	0,41	0,29
Média <i>Medium</i>	11,40	13,03	9,17	11,13
Pequena <i>Small</i>	60,51	61,19	59,18	61,58
Fina <i>Fine</i>	28,09	25,63	31,23	26,99

^a Grande (*Large*): $\geq 4,76$ mm; média (*medium*): $< 4,76$ mm e $\geq 1,19$ mm; pequena (*small*): $< 1,19$ mm e $\geq 0,297$ mm; fina (*fine*): $< 0,297$ mm.

tipo concentrado - passam mais rapidamente que as mais cilíndricas, tipo volumoso.

QUEIROZ et al. (1995) encontraram valores de RRM na faixa de 52,72 a 54,89%, em animais adultos de diferentes grupos genéticos, alimentados à vontade com dieta contendo 50% de volumoso e concentrado, que são inferiores aos mostrados na Figura 1. Provavelmente, este decréscimo ocorreu em razão das diferenças no mecanismo de redução do tamanho das partículas entre animais adultos e bezerros, pois a RRM está relacionada à distribuição do tamanho das partículas dentro do RR. A ruminação é o principal mecanismo para redução do tamanho de partículas (McLEOD e MINSON, 1988). Segundo WELCH (1982), os bezerros podem ruminar à taxa de 17,2 g/kg PV^{0,75} com a capacidade de ruminação aumentada, à medida que aumenta o peso corporal, enquanto os bovinos adultos podem ruminar à taxa de 40 g/kg PV^{0,75}.

Quando as partículas do RR passam para o ABO, há resistência que depende do tamanho das mesmas (Figura 2). Se todas as partículas abaixo de certo tamanho crítico passassem para fora do RR com a

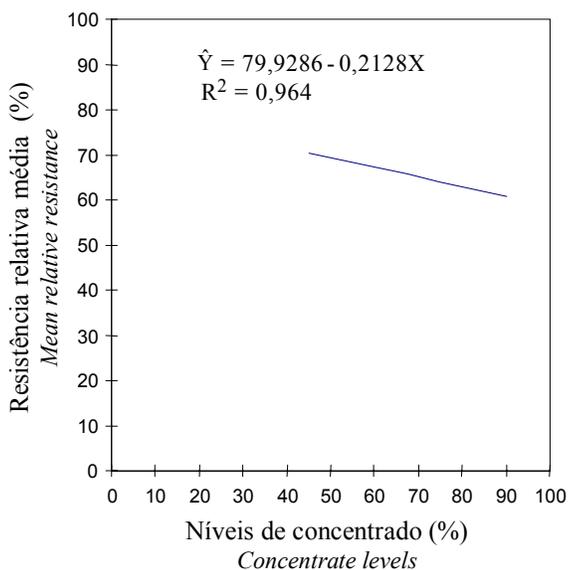


Figura 1 - Resistência relativa média (%) das partículas à saída do retículo-rúmen, em bezerros provenientes de rebanhos leiteiros, em relação aos níveis de concentrado na dieta.

Figure 1 - Mean relative resistance (%) of particles leaving reticulum-rumen of dairy calves on the concentrate level in the diet.

mesma facilidade, então a proporção dos diferentes tamanhos de partícula seria a mesma em ambos os conteúdos do RR e ABO. No entanto, como apresentado na Figura 2, há contínuo aumento na resistência das partículas em abandonar o RR, à medida que cresce o tamanho destas.

Escape de partículas do RR

A observação das curvas de resistência relativa (Figura 2) e distribuição acumuladas (Figuras 3, 4, 5 e 6), parece indicar que não há divisão exata entre as partículas que podem ou não abandonar o RR, mas parece que há ponto de inflexão em torno de 1,19 mm. Ao se examinar as curvas de distribuição acumulada no ABO e IG (Figuras 3, 4, 5 e 6), verifica-se que menos de 4,33 e 2,52; 6,59 e 4,90; 8,07 e 5,38; e 10,25 e 7,05% das partículas que abandonam o RR são retidas na peneira de 1,19 mm, respectivamente, enfrentando alta resistência ao escape. Estes resultados estão próximos ao tamanho crítico de partícula para pequenos ruminantes, de 1,00 mm, reportado por POPPI et al. (1980), ÚDEN e VAN SOEST (1982), POPPI et al. (1985) e FAICHNEY (1990); entretanto, para bovi-

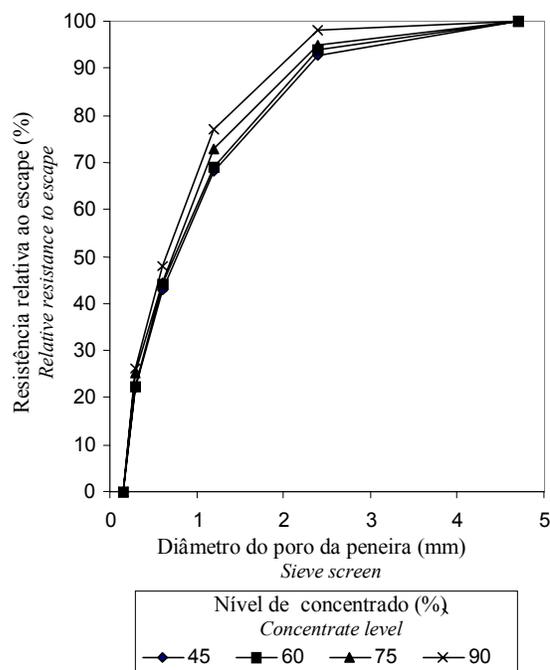


Figura 2 - Resistência relativa ao escape do retículo-rúmen de partículas de diferentes tamanhos, em bezerros provenientes de rebanhos leiteiros, submetidos a dietas com diferentes níveis de concentrado.

Figure 2 - Relative resistance to escape of reticulum-rumen by different size particles in dairy calves fed diets with different concentrate levels.

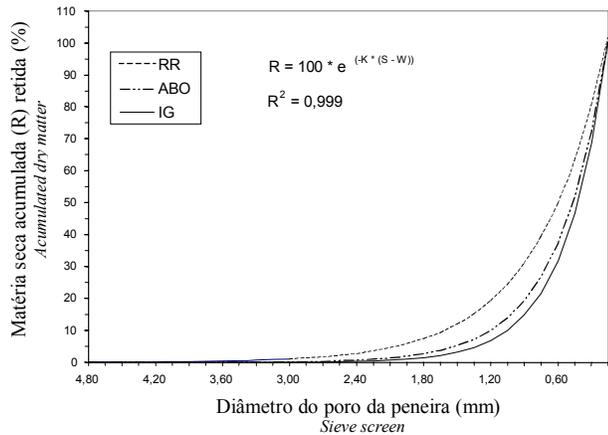


Figura 3 - Curva de distribuição acumulada média de matéria seca para amostras de digesta ruminal, abomasal e intestino grosso, em bezerros provenientes de rebanhos leiteiros, submetidos à dieta com (a) 45,0; (b) 60,0; (c) 75,0 e (d) 90,0% de concentrado.

Figure 3 - Average accumulated distribution curves of dry matter of samples from ruminal, abomasal and large intestine digesta, in dairy calves fed diet with (a) 45.0; (b) 60.0; (c) 75.0; e (d) 90.0% of concentrate.

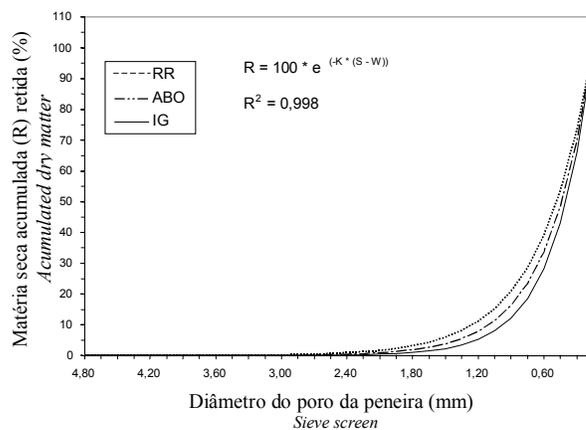


Figura 4 - Curva de distribuição acumulada média de matéria seca para amostras de digesta ruminal, abomasal e intestino grosso, em bezerros provenientes de rebanhos leiteiros, submetidos à dieta com 60% de concentrado.

Figure 4 - Average accumulated distribution curves of dry matter of samples from ruminal, abomasal and large intestine digesta, in dairy calves fed diet with 60% of concentrate.

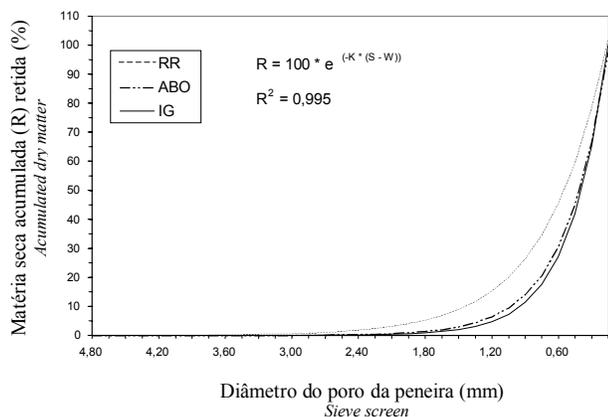


Figura 5 - Curva de distribuição acumulada média de matéria seca para amostras de digesta ruminal, abomasal e intestino grosso, em bezerros provenientes de rebanhos leiteiros, submetidos à dieta com 75% de concentrado.

Figure 5 - Average accumulated distribution curves of dry matter of samples from ruminal, abomasal and large intestine digesta, in dairy calves fed diet with 75% of concentrate.

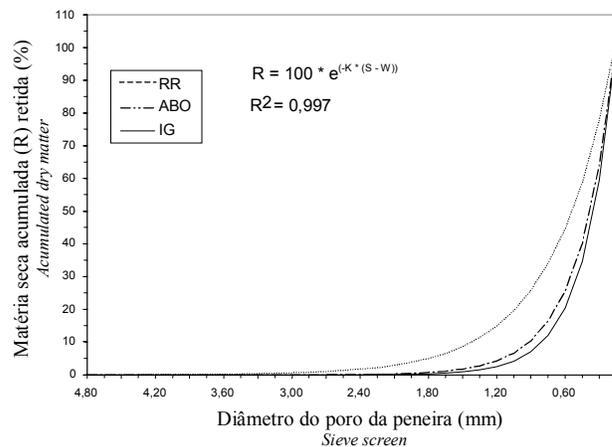


Figura 6 - Curva de distribuição acumulada média de matéria seca para amostras de digesta ruminal, abomasal e intestino grosso, em bezerros provenientes de rebanhos leiteiros, submetidos à dieta com 90% de concentrado.

Figure 6 - Average accumulated distribution curves of dry matter of samples from ruminal, abomasal and large intestine digesta, in dairy calves fed diet with 90% of concentrate.

nos adultos, são sugeridos valores de 1,5 a 2,0 vezes maiores, de acordo com ULYATT et al. (1986). Portanto, se realmente existe tamanho crítico controlando o escape, a taxa de redução em tamanho das partículas da dieta talvez seja o fator dominante que regula a taxa de saída dos resíduos alimentares para fora do RR, o que, aparentemente, é confirmado pelo aumento na taxa de passagem que ocorre após a moagem e peletização da dieta, segundo MINSON (1963).

Entretanto, na Tabela 3, pode-se observar que 16 horas após a alimentação, aproximadamente 80% das partículas do RR são inferiores ao tamanho de partícula considerado crítico, de 1,19 mm. Este conceito de "tamanho crítico" de partícula vai de encontro ao fato de que, durante a maior parte do dia, grande proporção de digesta encontrada no rúmen é constituída de partículas menores que o tamanho considerado crítico, de acordo com EVANS et al. (1973), ULYATT et al. (1976), WELCH e SMITH (1978), POPPI et al. (1981), ULYATT et al. (1986), FAICHNEY (1986), THIAGO (1988) e LECHNER-DOLL et al. (1991).

Além disso, observações endoscópicas do orifício retículo-omasal sugerem que partículas de até 10 mm de tamanho podem sair do RR sem qualquer resistência, segundo McBRIDE et al. (1984). Outro caso mais conflitante ocorre quando dietas são completamente moídas e, praticamente, todo o material no RR é inferior ao "tamanho crítico".

Dessa forma, pode-se inferir que ainda não está bem definido se é o mecanismo de redução do tamanho de partícula ou de passagem o principal passo a limitar a taxa de saída de material do RR.

Segundo MATHISON et al. (1995), a contribuição do tamanho das partículas da digesta retículo-ruminal no controle da passagem é um fator que não pode ser considerado isoladamente, sendo necessário integrá-lo com outros reguladores de passagem para se obter sua importância relativa.

Se a taxa de passagem é um fator limitante no desaparecimento de material do RR, de acordo com ULYATT et al. (1986), o entrelaçamento das fibras que constituem a massa superficial do rúmen pode também adquirir papel importante neste processo (SUTHERLAND, 1988). Esse autor relatou que a camada superficial funcionaria como uma espécie de peneira, a qual selecionaria partículas em movimento no rúmen; todavia, sua formação dependeria da relação entre o tamanho e a densidade das partículas que constituem a digesta e, conseqüentemente, do tempo após alimentação e do tipo de volumoso ingerido.

Conclusões

A ingestão de concentrado em níveis crescentes não proporcionou mudanças no TMP e MF, uma vez que as partículas escapam do RR; portanto, o tamanho das partículas do IG pode representar o tamanho das partículas que escapam do RR.

Em todas as dietas estudadas, mais de 80% das partículas presentes no RR foram inferiores ao tamanho considerado crítico ao escape, indicando que a redução do tamanho das partículas, embora seja pré-requisito, não é o passo limitante que regula a saída de digesta do RR.

A resistência relativa da digesta ao escape do RR cresce à medida que as partículas são maiores, porém a RRM decresce com níveis crescente de concentrado na dieta.

Referências Bibliográficas

- AMERICAN DAIRY SCIENCE ASSOCIATION. 1970. A report: committee on classification of particle size in feedstuffs. *J. Dairy. Sci.*, 53(5):689-690.
- AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE. 1969. Summary of the minutes of the 61 st. Business meeting of the American Society of Animal Science. *J. Anim. Sci.*, 29(2):1021-1023.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. 1969a. ASAE standard: ASAE s. 319. Method of determining and expressing fineness of feed materials by sieving. *Agric. Eng. Yearb.*, p.346-347.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. 1969b. ASAE Recommendation: ASAE R 24b. Method of determining modulus of uniformity and modulus of fineness of ground feed. *Agric. Eng. Yearb.*, p.348.
- EVANS, E. W., PEARCE, G. R., BURNETT, J. et al. 1973. Changes in some physical characteristic of the digesta in the reticulo-rumen of cows fed once daily. *Br. J. Nut.*, 29(1):357-376.
- FAICHNEY, G. J. Level of intake and grinding of hay have little effect on the size of particles leaving the rumen of sheep. *Proceedings...* Nutrition Society of Australia, v.15, p.146-156, 1990.
- FAICHNEY, G. J. 1986. The kinetics of particulate matter in the rumen. In: MILLIGAN, L. P., GROVUM, W. L., DOBSON, A. (Eds). *Control of digestion and metabolism in ruminants*. Englewood Cliffs, Prentice-hall, p.173-195.
- FISCHER, D. S., BURNS, J. C., POND, K. R. 1988. Estimation of mean and median particle size of ruminant digesta. *J. Dairy Sci.*, 71(2):518-524.
- GILL, J., CAMPLING, R. C., WESTGARTH, D. R. 1966. A study of chewing during eating in the cow. *Br. J. Nut.*, 20(1):13-23.
- GRENET, E. 1989. A comparison of the digestion and reduction in particle size of lucerne hay (*Medicago sativa* L.) and italian ryegrass hay (*Lolium italicum*) in the ovine digestive tract. *Br. J. Nut.*, 62(2):493-507.
- GROVUM, W. L. 1988. Appetite, palatability and control of feed intake In: CHURCH, D. C. (Ed). *The ruminant animal digestive physiology and nutrition. A reston book*, New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs. p.434-444.
- KASKE, M., ENGELHARDT, W. V. 1990. The effect of size and density on mean retention time of particle in the gastrointestinal tract of sheep. *Br. J. Nut.*, 63(4):447-465.
- LECHNER-DOLL, M., KASKE, M., ENGELHARDT. 1991. Factors affecting the mean retention time of particles in the

- forestomachs of ruminant and camelids. In: TSUDA, T., SASAKI, Y., KAWASHIMA, R. (Eds). *Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants*. London: Academic Press. p.455-482.
- LEE, J.A., PEARCE, G.R. 1984. The effectiveness of chewing during eating on particle size reduction of roughages by cattle. *Austr. J. Agric. Res.*, 34(7):609-618.
- LUGINBUHL, J.M., POND K.R., BURNS J.C. 1990. Changes in ruminal and fecal particle weight distribution of steers fed coastal bermudagrass hay at four levels. *J. Anim. Sci.*, 68(34):2864-2873.
- MARTZ, F.A., BELYEA, R.L. 1986. Role of particle size and forage quality in digestion and passage by cattle and sheep. *J. Dairy Sci.*, 69(7):1996-2008.
- MATHISON, G.W., OKINE, E.K., VAAGE, A.S. et al. 1995. Current understanding of the contribution of the propulsive activities in the forestomach to the flow of digesta. In: ENGELHART, W. V., LEONHARD-MAREK, S., BREVES, G. et al. (Eds). *Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction. Proceedings... Eighth International Symposium on Ruminant Physiology*. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart. p.23-37.
- McBRIDE, B.W., MILLIGAN, L.P., TURNER, B.V. 1983. Endoscopic observation of the reticulo-omasal orifice of cattle. *J. Agric. Sci.*, 101(3):749-750.
- McBRIDE, B.W., MILLIGAN, L.P., TURNER, B.V. 1984. Endoscopic observations of digesta transfer from the reticulo-rumen to omasum of cattle. *Can. J. Anim. Sci.*, 64(1):84-85 (Supplement).
- MCLEOD, M.N., MINSON, D.J. 1988. Large particle breakdown by cattle eating ryegrass and alfalfa. *J. Anim. Sci.*, 66(9):992-999.
- MINSON, D. J. 1963. The effect of pelleting and wafering on the feeding value of roughage. A review. *J. Brit. Grassl. Soc.*, 18:39-44.
- MURPHY, M.R., KENNEDY, P.M. 1993. *Particle dynamics*. In: FORBES, J.M., FRANCE, J. (Eds.) *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Cambridge: C. A. B. International. p.87-105.
- OSBOURN, D. F., BEEVER, D. E., THOMSON, D.J. 1976. Influence of physical processing on the intake, digestion and utilization of dried herbage. *Proc. Nutr. Soc.*, 35(1):191-203.
- OWENS, F.N., GOETSCH, A.L. 1986. *Digesta passage and microbial protein synthesis*. In: MILLIGAN, L. P.; GROVUM, W.L., DOBSON, A. (Eds.) *Control of digestion and metabolism in ruminants*. New Jersey: Englewood Cliffs, Prentice hall. p.196-223.
- PEREIRA, J.C., FREITAS, S.P., QUEIROZ, A.C. et al. 1999. Características químicas da digesta de bezerros provenientes de rebanhos leiteiros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *Rev. bras. zootec.*, 28(4):859-867.
- POPPI, D.P., HENDRICKSEN, R.E., MINSON, D.J. 1985. The relative resistance to escape of leaf and stem particles from the rumen of cattle and sheep. *J. Agric. Sci.*, 105(1):9-14.
- POPPI, D.P., MINSON, D.J., TERNOUTH, J.H. 1981. Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grass. III. The retention time in the rumen of large feed particles. *Aust. J. Agric. Res.*, 32(1):123-137.
- POPPI, D.P., NORTON, B.W., MINSON, D.J. et al. 1980. The validity of the critical size theory for particles leaving the rumen. *J. Agric. Sci.*, 94(2):275-280.
- QUEIROZ, A.C., REYES SANCHEZ, N., PEREIRA, J.C. et al. 1995. Tamanho crítico de partículas e resistência relativa à passagem da partícula da digesta pelo retículo-rúmen, em ruminantes de diferentes grupos genéticos. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 25(3):553-567.
- REID, C.S.W., ULYATT, M.J., MONRO, J.A. 1977. The physical breakdown of feed during digestion in the rumen. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.*, 37(1):173-175.
- SMITH, L.W., WALDO, D.R. 1969. Method for sizing forage cell wall particles. *J. Dairy Sci.*, 52(8):2051-2053.
- SMITH, L.W., WALDO, D.R., MOORE, L.A. et al. 1967. Passage of plant cell wall constituents in sheep. *J. Dairy Sci.*, 50(7):990-995.
- SUTHERLAND, T.M. 1988. Particle separation in the forestomachs of sheep. In: DOBSON, A., DOBSON, M. J. (Eds). *Aspects of digestive physiology in ruminants*. Ithaca: Ithaca Comstock Publishing associates. p.43-73.
- TEETER, R.G., OWENS, F.N. 1983. Characteristics of water soluble markers for measuring rumen liquid volume and dilution rate. *J. Anim. Sci.*, 56(4):717-728.
- UDEN, P., VAN SOEST, P.J. 1982. The determination of particle size in some herbivores. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 7(1):35-44.
- ULYATT, M.J., BALDWIN, R.L., KOOMG, L.J. 1976. The basic nutritive value. A modelling approach. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.*, 36(1):140-149.
- ULYATT, M.J., DELLOW, D.W., JOHN, A. et al. 1986. Contribution of chewing during eating and rumination as the clearance of digesta from the ruminoreticulum. In: MILLIGAN, L.P., GROVUM, W.L., DOBSON, A. (Eds.) *Control of digestion and metabolism in ruminants*. New Jersey: Englewood Cliffs Prentice-hall, p. 498-515.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV). S.A.E.G. (Sistema de Análises Estatísticas). Viçosa, MG, 1995. (Versão 7.0).
- VAN SOEST, P. J. 1982. *Nutritional ecology of the ruminant*. Corvallis, O e B Books Incorp. p. 170.
- VAN SOEST, P.J. 1975. Physico-chemical aspects of fibre digestion. In: MCDONALD, I.W., WARNER, A.C.I. (Eds.) *Digestion and metabolism in the ruminant*. Sydney: Univ. of New England Publ. Unit. p.351-365.
- WAGHORN, G.C., SHELTON, I.D., THOMAS, V.J. 1989. Particle breakdown and rumen digestion of fresh ryegrass (*Lolium perenne* L.) and lucerne (*Medicago sativa* L.) fed to cows during a restricted feeding period. *Br. J. Nut.*, 61(2):409-423.
- WAGHORN, G.C., REID, C.S.W., ULYATT, M.J. et al. 1986. Feed comminution, particle composition and distribution between a the four compartments of the stomach in sheep fed chopped lucerne hay at two feeding frequencies and intake level. *J. Agric. Sci.*, 106(1):287-296.
- WELCH, J. G, SMITH, A.M. 1978. Particles sizes passed from rumen. *J. Anim. Sci.*, 46(1):309-312.
- WELCH, J.G. 1982. Rumination, particle size and passage from the rumen. *J. Anim. Sci.*, 54(4):885-894.
- WILSON, J.R., MCLEOD, M.N., MINSON, D.J. 1989a. 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 For. Sci.*, 44(1):55-63.
- WILSON, J.R., AKIN, D.E., MCLEOD, M.N. et al. 1989b. Particle size reduction of the leaves of a tropical and a temperate grass by cattle. II. Relation of anatomical structure to the process of leaf breakdown through chewing and digestion. *Grass. For. Sci.*, 44(1):65-75.

Recebido em: 27/05/98

Aceito em: 08/01/99