

**Modelagem comparativa da cinética de fluxo da fase sólida do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schumack) consumido sob pastejo por vacas mestiças Holandês × Zebu em lactação**

[*Evaluation of mathematical models to estimate the passage rate of solids in Holstein × Zebu lactating cows grazing on elephantgrass (Pennisetum purpureum, Schumack)*]

F.C.F. Lopes<sup>1</sup>, N.M. Rodriguez<sup>2</sup>, L.J.M. Aroeira<sup>1</sup>, F. Deresz<sup>1</sup>, I.B.M. Sampaio<sup>2</sup>,  
H. Maldonado-Vasquez<sup>3</sup>, A. Vittori<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Gado de Leite  
Rua Eugênio do Nascimento, 610  
36038-330 - Juiz de Fora, MG

<sup>2</sup>Escola de Veterinária da UFMG – Belo Horizonte, MG

<sup>3</sup>Universidade Estadual Norte Fluminense - Campos dos Goytacazes, RJ

<sup>4</sup>Doutoranda no Departamento de Zootecnia da UFV – Viçosa, MG

Recebido para publicação em 22 de novembro de 2002

Recebido para publicação, após modificações, em 5 de maio de 2003

E-mail: fcfl@embrapa.br

## RESUMO

Dois experimentos foram conduzidos em pastagem de capim-elefante manejada em sistema rotativo. Foram usadas duas repetições de área por tratamento e o período de ocupação dos piquetes foi de três dias. No primeiro experimento (estação da seca) foram usadas 18 vacas Holandês × Zebu em lactação, sendo seis fistuladas no rúmen e alocadas em cada repetição de área de cada um dos três tratamentos: período de descanso da pastagem de 30 dias, sem uso de concentrado, e períodos de descanso de 30 e 45 dias, com uso de concentrado. Entre ordenhas, as vacas receberam cana-de-açúcar com 1% de uréia:sulfato de amônio (9:1). Em cada vaca fistulada, em função do tratamento, foi administrada FDN-cromo-mordente de extrusas de capim-elefante obtidas em cada dia de ocupação do piquete. No segundo experimento (estação das chuvas) foram usadas 12 vacas em lactação (quatro fistuladas no rúmen) e estudaram-se dois períodos de descanso da pastagem (30 e 45 dias) sem suplementação. As estimativas da taxa de passagem ruminal obtidas de dois modelos (bicompartimental tempo-independente e multicompartimental tempo-dependente) foram bastante próximas. Valores superiores para taxa de passagem pós-ruminal foram observados para o modelo multicompartimental tempo-dependente. Na estação da seca, os valores médios para taxas de passagem ruminal e pós-ruminal foram, respectivamente, 0,042 e 0,087/h (modelo bicompartimental tempo-independente) e 0,041 e 0,109/h (modelo multicompartimental tempo-dependente). Na estação das chuvas observaram-se valores de 0,035 e 0,056/h, e de 0,029 e 0,090/h, na mesma ordem de citação.

Palavras-chave: bovino, cromo, indicador, mordente, taxa de passagem

## ABSTRACT

*Two experiments were carried out in a rotational elephantgrass pasture system. Two replicates of paddocks per treatment were grazed for three consecutive days. The first experiment was carried out during the dry season with 18 lactating crossbred cows, six of them rumen cannulated. The cows were randomly allotted to each of the treatments: 1- resting period of 30 days without concentrate, 2- resting period of 30 days with concentrate and 3- resting period of 45 days with concentrate. In the dry season cows grazed elephantgrass during the night and were fed on chopped sugarcane plus 1% ammonium sulphate:urea (9:1) between milkings. The rate of passage was estimated by using chromium complexed*

to the cellular wall of elephantgrass extrusas collected during the first, second and third grazing days of each treatment. In the second trial carried out during the rainy season 12 lactating crossbred cows (four rumen fistulated) were used. The treatments were resting periods of 30 or 45 days without supplementation. Parameters of particulate passage kinetics were estimated by two models (age-independent double-compartmental and age-dependent multicompartamental) which provided similar results of ruminal passage rates values. However, larger values of post-ruminal passage rates were generally obtained with the age-dependent multicompartamental model. In the dry season, the ruminal and post-ruminal passage rates were, respectively, 0.042 and 0.087/h (age-independent double-compartmental model) and 0.041 and 0.109/h (age-dependent multicompartamental model). In the rainy season, values of 0.035 and 0.056/h, and 0.029 and 0.090/h, were observed, respectively.

*Keywords: cattle, chromium, fractional outflow rate, marker, mordant*

## INTRODUÇÃO

A taxa de passagem no rúmen é uma variável que afeta a utilização de nutrientes, visto modular o tempo disponível para os processos de digestão e absorção (Ehle, 1984). Existem diversos procedimentos metodológicos para obtenção de estimativas desse parâmetro (Lascano, Quiroz, 1990). Em detrimento às excessivamente laboriosas metodologias *in vivo*, técnicas indiretas, com o uso de indicadores não-absorvíveis, ingeridos ou diretamente infundidos no rúmen em dose única, têm sido mais adotadas nas estimativas dos parâmetros de dinâmica da passagem das partículas no trato gastrintestinal (TGI) dos ruminantes (Offer, Dixon, 2000).

Dentre os vários indicadores usados nas estimativas de taxa de passagem, as fibras complexadas com cromo (Cr), denominadas de cromo-mordentes (Offer, Dixon, 2000) apresentam, como vantagem, procedimentos mais simples na análise de laboratório (Lira et al., 2000).

Vários são os modelos não-lineares para ajuste das curvas da concentração fecal do indicador, em função do tempo transcorrido desde sua administração, visando à determinação dos parâmetros da dinâmica da passagem das partículas no TGI (Lascano, Quiroz, 1990; Ellis et al., 1994). Para condições tropicais, o modelo de Dhanoa et al. (1985) apresentou melhor capacidade de ajuste a dados de excreção fecal de indicadores com bovinos mantidos sob estabulação (Oliveira et al., 1999) ou pastejo (Lira et al., 2000), quando comparado ao modelo de Grovum e Williams (1973), freqüentemente usado na obtenção de estimativas de cinética de fluxo da fase sólida.

Apenas um recente estudo de modelagem comparativa para obtenção de parâmetros da cinética de partículas foi levado a termo com vacas em lactação sob pastejo em forrageira tropical (Soares et al., 2001a). Dados de dinâmica de fluxo da fase sólida para essas específicas condições são restritos a estudos conduzidos no Brasil em pastagens de capim-elefante (Benedetti, 1994; Soares et al., 1999) ou de outras forrageiras tropicais (Benedetti, 1994; Leopoldino, 2000; Berchielli et al., 2001; Soares et al., 2001b).

O objetivo deste trabalho foi estudar a cinética de fluxo da fase sólida do capim-elefante consumido sob pastejo por vacas mestiças Holandês × Zebu em lactação, em duas épocas do ano e sob diferentes aspectos relacionados ao manejo da pastagem.

## MATERIAL E MÉTODOS

A descrição dos experimentos quanto ao local, época de realização, número de animais, dietas, tratamentos estudados e procedimentos adotados nas coletas e processamento de amostras de extrusas e no manejo da pastagem e das vacas pode ser obtida em Lopes et al. (2003).

As amostras de extrusas armazenadas em congelador (-10°C) foram descongeladas, homogeneizadas e processadas da seguinte forma: as amostras das duas repetições de área de pastagem de cada tratamento,

coletadas para cada um dos três dias de ocupação do piquete, foram transformadas em compostas, originando um total de nove materiais diferentes (três tratamentos × três dias de ocupação do piquete). Estes foram individualmente submetidos à extração à quente, com detergente neutro comercial, da fração FDN que, posteriormente, foi complexada com dicromato de sódio ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), conforme procedimentos relatados por Burns et al. (2001).

Em cada vaca fistulada, de acordo com seu respectivo tratamento, foram administrados pela manhã, via cânula ruminal, em períodos distintos, 100g de FDN-cromo-mordente referentes a amostras de extrusas de primeiro, segundo e terceiro dias de ocupação do piquete. Foi observado intervalo nunca inferior a sete dias entre o término de um período de estimativas e o início do próximo, visando assegurar uma completa exaustão do cromo residual no TGI da vaca. As coletas individuais de fezes foram iniciadas 8h após, prosseguindo em tempos pré-determinados até 120h pós-dosificação (8; 10; 22; 24; 26; 28; 31; 34; 46; 48; 50; 52; 55; 58; 70; 75; 79; 82; 94; 99; 103; 106 e 120h). As amostras de fezes foram analisadas para teor de cromo (Cr) por espectrofotometria de absorção atômica, após digestão nitroperclórica (Kimura, Miller, 1957).

As estimativas dos parâmetros da cinética de fluxo da fase sólida foram feitas pelo processo iterativo do algoritmo Marquardt, com auxílio do procedimento PROC NLIN (SAS..., 1985), segundo os modelos descritos por Grovum e Williams (1973) e Dhanoa et al. (1985). Foram geradas curvas para cada combinação tratamento × dia de ocupação do piquete, a partir da utilização conjunta dos dados das duas repetições (vacas fistuladas) disponíveis, obtendo, portanto, valores médios para caracterizar as condições estudadas. Como subsídio auxiliar à modelagem comparativa, curvas individuais para cada combinação tratamento × dia de ocupação do piquete × vaca também foram obtidas.

No modelo bicompartimental biexponencial de Grovum e Williams (1973), de expressão geral:  $Y = A * e^{-k_1 * (t - TT)} - A * e^{-k_2 * (t - TT)}$ , para  $t \geq TT$  e  $Y = 0$ , para  $t < TT$ , o parâmetro  $A$  é indefinido do ponto de vista biológico, apresentando apenas valor matemático. Os parâmetros  $k_1$  e  $k_2$  correspondem, respectivamente, às taxas de passagem no rúmen-retículo e no ceco e cólon proximal, enquanto  $TT$  refere-se ao tempo de trânsito no omaso e intestinos delgado e grosso, ou, ainda, ao tempo transcorrido desde a dosificação até o primeiro aparecimento do indicador nas fezes. A concentração fecal do indicador no tempo  $t$  é definida pela variável dependente  $Y$ .

Conforme apresentaram Oliveira et al. (1999), a expressão matemática simplificada do modelo multicompartimental de Dhanoa et al. (1985) é:  $Y = A * e^{-k_1 * t} * \exp(-B * e^{-k_2 * t})$ , onde  $A$  e  $B$  são parâmetros sem definição biológica; e  $k_1$  e  $k_2$ , respectivamente, as taxas de passagem ruminal e pós-ruminal.

Pela inexistência de critério padronizado imposta pela natureza não-linear, as comparações entre os modelos, após verificado o número de curvas passíveis de ajuste e a coerência biológica dos parâmetros estimados (Dhanoa et al., 1985), foram baseadas nos resultados obtidos para os quadrados médios do erro (QME) e nos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), além do julgamento visual subjetivo da dispersão, no tempo, dos resíduos, em relação aos valores observados (Dhanoa et al., 1985; Beauchemin, Buchanan-Smith, 1989; Oliveira et al., 1999; Detmann et al., 2001).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As concentrações de cromo na matéria seca dos mordentes situaram-se entre 3,9 e 10,2%, acima da máxima recomendada por Burns et al. (2001). Segundo esses autores, concentrações superiores a 1,4% poderiam, eventualmente em decorrência de mudanças na densidade das partículas complexadas (Ehle, 1984; Offer, Dixon, 2000), alterar o comportamento cinético, quando comparado ao das partículas originais do alimento. Na literatura consultada, em estudos sobre estimativas de parâmetros de cinética de fluxo no TGI de bovinos, foram relatadas concentrações de cromo no mordente variando de 1,0 (Moore et al., 1992) até 10,4% (Colucci et al., 1982).

Foram ajustados pelos modelos estudados, com coerência biológica das estimativas dos parâmetros da cinética de fluxo da fase sólida, conforme sugerido por Dhanoa et al. (1985), 16 entre as 18 curvas individuais possíveis na estação da seca (1993), e 11 entre 12 na estação das chuvas (1995).

Nas três curvas restantes, embora tenha havido convergência para estimativas dos parâmetros dos modelos, elas foram consideradas improváveis do ponto de vista biológico, subjeção respaldada pelos baixos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e altos quadrados médios do erro (QME), além da verificada desuniformidade na dispersão de seus resíduos ordinários. Nessas três curvas verificou-se atípica retenção do indicador no TGI das vacas, constatada por concentração fecal de cromo relativamente elevada, mesmo após 120h da administração do mordente. Em uma vaca pôde-se atribuir tal retenção a um tratamento alternativo contra uma severa diarreia, feito em torno de 80h pós-dosificação do mordente. Para a falta de ajuste nas outras duas curvas, nenhuma causa explícita pôde ser associada à suposta retenção do indicador no TGI das vacas.

O tempo mínimo de sete dias, permitido para exaustão do cromo residual entre dois períodos de administração de mordente e coleta de fezes foi efetivo em seu propósito.

Foram observados menor valor do QME e maior valor do  $R^2$  nas curvas individuais, quando comparados aos obtidos pelo uso simultâneo de dados de excreção fecal de cromo de duas repetições (vacas) componentes de uma específica combinação tratamento  $\times$  dia de ocupação do piquete. No entanto, as estimativas obtidas das duas vacas, por incluir efeito da variação individual, são mais representativas do fenômeno.

O ajuste dos modelos de Grovum e Williams (1973) e de Dhanoa et al. (1985) aos dados gerou valores de  $R^2$  iguais ou superiores a 90% em 19 das 27 curvas individuais com parâmetros biológicos coerentes. Nas 12 curvas das combinações tratamentos  $\times$  dias de ocupação do piquete com coerentes estimativas dos parâmetros biológicos, os valores de  $R^2$  obtidos do ajuste dos dois modelos aos dados variaram de 73 a 93%.

Esperava-se que o processo de discriminação de tempo implícito no modelo de Dhanoa et al. (1985) garantisse a ele superioridade no ajuste aos dados sobre o modelo bicompartimental biexponencial tempo-independente de Grovum e Williams (1973), já que a probabilidade de passagem através do orifício retículo-omasal aumenta à medida que a partícula diminui de tamanho, o que está diretamente relacionado ao tempo de estada no rúmen (Offer, Dixon, 2000), em consequência de eventos como ruminação, hidratação e degradação microbiana (Quiroz et al., 1988).

Os distintos tratamentos matemáticos nas expressões algébricas dos dois modelos avaliados permitiram generalizada semelhança na caracterização do sistema estudado. Isso diverge de resultados da literatura (Oliveira et al., 1999; Lira et al., 2000), nos quais o modelo tempo-dependente multicompartmental de Dhanoa et al. (1985) em relação ao de Grovum e Williams (1973) apresentou melhor ajuste de dados de concentração de cromo nas fezes de novilhos confinados ou sob pastejo em forrageiras tropicais.

Na estação da seca, das 16 curvas individuais (tratamentos  $\times$  dias de ocupação do piquete  $\times$  vaca) que originaram parâmetros biologicamente coerentes, 10 foram ligeiramente melhor ajustadas ( $>R^2$  e  $<QME$ ) pelo modelo de Dhanoa et al. (1985). Entretanto, na estação das chuvas, sete das 11 curvas individuais com parâmetros biológicos coerentes foram discretamente melhor ajustadas pelo modelo de Grovum e Williams (1973). Tal comportamento foi repetido por considerar as curvas geradas para as diferentes combinações tratamentos  $\times$  dias de ocupação do piquete.

Conforme discutiram Beauchemin e Buchanan-Smith (1989), os modelos de Grovum e Williams (1973) e de Dhanoa et al. (1985) assumem condição de estaticidade (*steady-state*) de fluxo da digesta dos compartimentos interconectados, além de instantânea, contínua e completa mistura. Os diferentes manejos alimentares impostos às vacas nas estações da seca e das chuvas podem ter violado de forma

distinta essa condição e provocado o padrão diferencial de comportamento observado no ajuste dos modelos aos dados.

Nas Tab. 1 e 2 são apresentados os principais parâmetros biológicos estimados para as diferentes combinações de tratamentos  $\times$  dias de ocupação do piquete no ajuste dos modelos de Grovum e Williams (1973) e de Dhanoa et al. (1985) aos dados de excreção fecal do cromo, respectivamente. Onde houve problemas concernentes ao ajuste individual dos modelos, como resultado das já discutidas atípicas retenções do cromo no TGI, os parâmetros da cinética de fluxo da fase sólida da vaca remanescente foram apresentados como representativos da específica combinação tratamento  $\times$  dia de ocupação do piquete.

Tabela 1. Parâmetros biológicos da cinética de fluxo de partículas no trato gastrointestinal de vacas mestiças Holandês  $\times$  Zebu em lactação sob pastejo em capim-elefante, em duas estações do ano, segundo estimativas obtidas do ajuste do modelo de Grovum e Williams (1973) aos dados de excreção fecal de cromo

Período de descanso da pastagem	Dia de ocupação do piquete	Parâmetro da dinâmica da fase sólida <sup>1</sup>						R <sup>2</sup> (%)
		k <sub>1</sub> (%/h)	k <sub>2</sub> (%/h)	TT (h)	TR (h)	TPOS (h)	TMR (h)	
Estação da seca (ano de 1993)								
30 dias sem concentrado	1	3,9	8,8	20,6	25,6	11,4	57,6	76,6
	2	3,4	7,5	19,5	29,8	13,4	62,6	92,3 <sup>2</sup>
	3	4,2	8,3	20,6	23,6	12,0	56,3	91,9
30 dias com concentrado	1	4,0	6,8	20,2	25,1	14,7	59,9	73,4
	2	4,6	11,6	17,0	21,7	8,6	47,4	93,1
	3	4,1	7,6	17,2	24,6	13,2	55,0	86,4
45 dias com concentrado	1	4,9	8,8	13,5	20,5	11,3	45,3	87,0
	2	4,0	10,0	16,2	25,0	10,0	51,2	73,0
	3	5,1	9,2	18,2	19,6	10,9	48,6	86,0 <sup>2</sup>
Estação das chuvas (ano de 1995)								
30 dias sem concentrado	1	3,0	4,9	10,0	33,6	20,3	64,0	79,4
	2	3,8	7,1	16,7	26,6	14,1	57,3	82,4
	3	3,0	4,9	7,5	33,2	20,3	61,0	83,8
45 dias sem concentrado	1	4,1	6,9	10,0	24,5	14,5	49,0	92,6 <sup>2</sup>
	2	4,0	6,0	15,1	25,0	16,8	56,8	86,6
	3	2,9	3,9	16,2	34,0	25,5	75,7	82,6

<sup>1</sup>k<sub>1</sub>= taxa de passagem no rúmen; k<sub>2</sub>= taxa de passagem no ceco e cólon; TT= tempo de trânsito; TR= tempo de retenção no rúmen (1/k<sub>1</sub>); TPOS= tempo de retenção no ceco e cólon proximal (1/k<sub>2</sub>); TMR= tempo médio de retenção no TGI (TR + TPOS + TT);

<sup>2</sup>Curvas cujos parâmetros foram originados de uma única vaca (vide texto).

Segundo Ellis et al. (1994), a obtenção de estimativas das taxas de passagem ruminal (k<sub>1</sub>) e pós-ruminal (k<sub>2</sub>) semelhantes (k<sub>1</sub>  $\cong$  k<sub>2</sub>) é inconsistente com as premissas relacionadas a modelos de dois compartimentos seqüenciais. Esses autores discutiram eventuais condições em que tal situação se estabelece e recomendaram, baseando-se na literatura, que a razão entre esses dois parâmetros (k<sub>2</sub>  $\div$  k<sub>1</sub>) deveria exceder um valor de 1,5 para que se alcançasse estimativa confiável da taxa de passagem ruminal. Detmann et al. (2001) fizeram uso dessa recomendação em seu estudo. Valores maiores que 1,5 foram verificados na razão entre esses parâmetros para os dois modelos (Tab. 1 e 2), sinalizando coerência biológica dos dados obtidos.

Os valores observados para taxa de passagem ruminal situaram-se na faixa de 1,4 a 6%/h relatada na literatura para vacas Gir ou mestiças Holandês  $\times$  Zebu em lactação sob pastejo em forrageiras tropicais (Benedetti, 1994; Soares et al., 1999; Leopoldino, 2000; Berchielli et al., 2001; Soares et al., 2001b).

Em pastagem de capim-elefante suplementada com concentrado (4kg/vaca/dia), Benedetti (1994) observou taxa de passagem ruminal de 4,0%/h para vacas Holandês  $\times$  Zebu, produzindo diariamente

15,46kg de leite corrigido para 4% de gordura. Também em pastagem de capim-elefante suplementada (2kg de concentrado/vaca/dia) e manejada em sistema rotativo com 30 dias de período de descanso e três dias de ocupação dos piquetes, os valores médios apresentados por Soares et al. (1999) para taxa de passagem ruminal variaram de 3 a 6%/h, tanto na estação das chuvas, quanto na seca, ocasião em que cana-de-açúcar corrigida com 1% de uréia foi fornecida como suplemento à pastagem. Esses autores, ao trabalharem com vacas Holandês × Zebu, produzindo diariamente 10,1 a 13,4kg de leite corrigido para 4% de gordura, observaram estimativas para taxa de passagem pós-ruminal (6 a 12%/h) próximas às verificadas no presente estudo. Em condições experimentais similares, Soares et al. (2001a) relataram taxas de passagem no rúmen de 2,8%/h (usando um dos modelos do trabalho de Pond et al., 1989), de 3,0%/h (usando modelo de Grovum, Williams, 1973) e de 4,1%/h (usando um dos modelos do trabalho de Quiroz et al., 1988).

Tabela 2. Parâmetros biológicos da cinética de fluxo de partículas no trato gastrintestinal de vacas mestiças Holandês × Zebu em lactação sob pastejo em capim-elefante, em duas estações do ano, segundo estimativas obtidas do ajuste do modelo de Dhanoa et al. (1985) aos dados de excreção fecal de cromo

Período de descanso da pastagem	Dia de ocupação do piquete	Parâmetro da dinâmica da fase sólida <sup>1</sup>				R <sup>2</sup> (%)
		k <sub>1</sub> (%/h)	k <sub>2</sub> (%/h)	TR (h)	TPOS (h)	
Estação da seca (ano de 1993)						
30 dias sem concentrado	1	4,5	9,2	22,3	10,8	78,9
	2	4,3	6,6	23,5	15,1	97,3 <sup>2</sup>
	3	3,8	12,7	26,6	7,9	91,8
30 dias com concentrado	1	3,4	11,2	29,5	9,0	74,2
	2	4,3	13,1	23,0	7,6	93,3
	3	3,8	9,1	26,5	11,0	86,7
45 dias com concentrado	1	3,9	14,2	25,6	7,0	86,7
	2	4,0	13,0	25,0	7,7	74,8
	3	4,9	9,9	20,4	10,1	85,9 <sup>2</sup>
Estação das chuvas (ano de 1995)						
30 dias sem concentrado	1	2,1	11,3	48,3	8,9	77,9
	2	4,0	7,0	25,2	14,4	83,5
	3	2,4	8,8	40,9	11,3	83,6
45 dias sem concentrado	1	3,6	11,1	27,6	9,0	91,0 <sup>2</sup>
	2	3,3	8,8	30,4	11,4	86,6
	3	2,3	6,8	44,3	14,7	76,8

<sup>1</sup>k<sub>1</sub>= taxa de passagem ruminal; k<sub>2</sub>= taxa de passagem pós-ruminal; TR= tempo de retenção no rúmen (1/k<sub>1</sub>); TPOS= tempo de retenção pós-ruminal; <sup>2</sup>Curvas cujos parâmetros foram originados de uma única vaca (vide texto).

No presente estudo procurou-se sempre coincidir o dia de administração do mordente com o dia de ocupação do piquete, mas a complexa e dinâmica natureza dos processos de ingestão e digestão no ruminante sob pastejo concorreram para a obtenção de resultados menos óbvios e simplistas, embora aceitáveis do ponto de vista biológico. Assim, nenhum padrão mais explícito de comportamento dos parâmetros de taxa de passagem ruminal e pós-ruminal obtidos para os três dias de ocupação do piquete pôde ser detectado. Em média, dentro de cada experimento (estação da seca ou chuvas) ou tratamento (período de descanso com ou sem suplementação da pastagem), esses parâmetros foram bastante próximos entre si.

Nos dois experimentos, em alguns dias de ocupação do piquete, houve tendência para maior valor da taxa de passagem ruminal no tratamento com 45 dias em relação ao de 30 dias de período de descanso da pastagem. Isso contrasta com o padrão dos resultados obtidos com capim-elefante cortado em diferentes idades de crescimento e fornecido como feno ou verde picado para bovinos (Vieira et al., 1997; Ayala-Burgos et al., 2000). Incrementos na taxa de passagem ruminal em vacas que receberam forragem mais madura foram relatados (Gasa et al., 1991; Bosch, Bruining, 1995). Existem evidências de que o material

não digestível deixa o rúmen a taxa superior à verificada para os componentes potencialmente digestíveis (Tamminga et al., 1989). Partículas de alimentos recentemente ingeridas apresentam baixa densidade funcional, decorrente de sua composição química, impermeabilidade inicial, estrutura física, bem como pela formação e “aderência” de gases dos processos de digestão microbiana. Esses processos concorrem por diminuir a probabilidade de escape pelo orifício retículo-omasal (Tamminga et al., 1989; Gasa et al., 1991; Offer, Dixon, 2000).

Comparações dos valores obtidos para os parâmetros da cinética de fluxo da fase sólida do capim-elefante nos experimentos conduzidos na seca e chuvas são proibitivas pelos confundimentos relacionados aos diferentes manejos nutricionais adotados, bem como pelos efeitos de ano e animais.

## CONCLUSÕES

A ausência de superioridade de um modelo em relação ao outro no ajuste aos dados de excreção fecal do cromo impediu uma pontual recomendação acerca do mais adequado na geração de estimativas dos parâmetros da cinética de fluxo da fase sólida para vacas Holandês × Zebu em lactação sob pastejo em capim-elefante. Independentemente da estação do ano, ambos os modelos permitiram estimativas bastante próximas para o parâmetro taxa de passagem ruminal, enquanto que valores superiores para taxa de passagem pós-ruminal foram obtidos no ajuste do modelo multicompartimental tempo-dependente aos dados de excreção fecal do indicador.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYALA-BURGOS, A.J.; DeB HOVELL, F.D.; GODOY, R.M. et al. Effect of maturity of Napier grass (*Pennisetum purpureum*) hay on intake, digestibility, and rumen dynamics when given to zebu bulls. In: SOCIETY OF ANIMAL PRODUCTION MEETING, Scarborough, 2000. *Proceedings...* Scarborough: British of Society of Animal Production, 2000. p.144.
- BEAUCHEMIN, K.A.; BUCHANAN-SMITH, J.G. Evaluation of markers, sampling sites and models for estimating rates of passage of silage or hay in dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.27, p.59-75, 1989.
- BENEDETTI, E. *Atributos de três gramíneas tropicais, parâmetros ruminais e produção de leite em vacas mestiças mantidas a pasto*. 1994. 173f. Tese (Doutorado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- BERCHIELLI, T.T.; SOARES, J.P.G.; AROEIRA, L.J. M. et al. Estimativa da ingestão voluntária a partir das características de degradação do capim-coastcross (*Cynodon dactylon* L. Pers.), sob pastejo, por vacas em lactação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1332-1339, 2001.
- BOSCH, M.W.; BRUINING, M. Passage rate and total clearance rate from the rumen of cows fed on grass silages differing in cell-wall content. *Br. J. Nutr.*, v.73, p.41-49, 1995.
- BURNS, J.C.; FISHER, D.S.; MOORE, J.E. et al. Preparation of chromium mordanted fiber. In: *Research techniques and numerical methods in grassland and forage science*, USDA - Agricultural Research Service/North Carolina State University, 2001, disponível em: <<http://www.cropsci.ncsu.edu/dsfisher/index.html>>. Acesso em 3 nov. 2001.
- COLUCCI, P.; CHASE, L.E.; VAN SOEST, P.J. Feed intake, apparent diet digestibility, and rate of particulate passage in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.65, p.1445-1456, 1982.
- DETMANN, E.; CECON, P.R.; PAULINO, M.F. et al. Estimação de parâmetros da cinética de trânsito de partículas em bovinos sob pastejo por diferentes seqüências amostrais. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.222-230, 2001.

- DHANOVA, M.S.; SIDDON, R.C.; FRANCE, J. et al. A multicompartimental model to describe marker excretion patterns in ruminant faeces. *Br. J. Nutr.*, v.53, p.663-671, 1985.
- EHLE, F.R. Influence of feed particle density on particulate passage from rumen of holstein cow. *J. Dairy Sci.*, v.67, p.693-697, 1984.
- ELLIS, W.C.; MATIS, J.H.; HILL, T.M. et al. Methodology for estimating digestion and passage kinetics of forage. In: NATIONAL CONFERENCE ON FORAGE QUALITY, EVALUATION, AND UTILIZATION, 1994, Madison. *Proceedings...* Madison: American Society of Agronomy/Crop Science Society of America/Soil Science Society of America, p.682-756, 1994.
- GASA, J.; HOLTENIUS, K.; SUTTON, J.D. et al. Rumen fill and digesta kinetics in lactating Friesian cows given two levels of concentrates with two types of grass silage *ad lib*. *Br. J. Nutr.*, v.66, p.381-398, 1991.
- GROVUM, W.L.; WILLIAMS, V.J. Rate of passage of digesta in sheep. 4. Passage of marker through the alimentary tract and the biological relevance of rate-constants derived from the changes in concentration of marker in faeces. *Br. J. Nutr.*, v.30, p.313-329, 1973.
- KIMURA, F.T.; MILLER, V. L. Chromic oxide measurement. Improved determination of chromic oxide in cow feed and feces. *J. Agric. Food Chem.*, v.5, p.216, 1957.
- LASCANO, C.; QUIROZ, R. Metodologia para estimar la dinámica de la digestión en rumiantes. In: RUIZ, M.E; RUIZ, A. (Eds.) *Nutrición de rumiantes: Guía metodológica de investigación*. San Jose: ALPA/IICA/RISPAL, 1990. p.89-104.
- LEOPOLDINO, W.M. *Avaliação nutricional de pastagens consorciadas com leguminosas tropicais, dinâmica ruminal e produção de leite em vacas mestiças*. 2000. 49f. Tese (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- LIRA, V.M.C.; PEREIRA, J.C.; CECON, P.R. et al. Estimativa da taxa de passagem de partículas em novilhos mestiços mantidos em pastagem de capim-braquiária. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., Viçosa, 2000. *Anais...* Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. Disponível em: <<http://www.sbz.org.br/scripts/anais2000/fichatrans.asp?Id=1966>>. Acesso em: 10 jun. 2002.
- LOPES, F.C.F.; AROEIRA, L.J.M.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Degradação ruminal *in situ* do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schumack) consumido sob pastejo por vacas mestiças Holandês × Zebu em lactação. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.55, p.694-701, 2003.
- MOORE, J.A.; POND, K.R.; POORE, M.H. et al. Influence of model and marker on digesta kinetic estimates for sheep. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3528-3540, 1992.
- OFFER, N.W.; DIXON, J. Factors affecting outflow rate from the reticulo-rumen. *Nutr. Abstr. Rev. (Series B)*, v.70, p.833-844, 2000.
- OLIVEIRA, R.L.; PEREIRA, J.C.; CARVALHO, P.R. et al. Degradabilidade ruminal da cama de frango e do feno de capim *Coast-cross* e avaliação de modelos matemáticos para estimativa da taxa de passagem de partículas. *Rev. Bras. Zootec.*, v.28, p.839-849, 1999.
- POND, K.R.; ELLIS, W.C.; MATIS, J.H. et al. Passage of chromim-mordanted and rare earth-labeled fiber: time of dosing kinetics. *J. Anim. Sci.*, v.67, p.1020-1028, 1989.
- QUIROZ, R.A.; POND, K.R.; TOLLEY, E.A. et al. Selection among nonlinear models for rate of passage studies in ruminants. *J. Anim. Sci.*, v.66, p.2977-2986, 1988.
- SAS Institute Inc. *SAS® User's Guide: Statistics, Version 5 Edition*. Cary, NC: SAS Institute Inc., 1985. 956p.



*Modelagem comparativa da cinética de fluxo da fase sólida do capim-elefante...*

SOARES, J.P.G.; AROEIRA, L.J.M.; PEREIRA, O.G. et al. Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) sob duas doses de nitrogênio. Consumo e Produção de leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v.28, p.889-897, 1999.

SOARES, J.P.G.; AROEIRA, L.J.M.; VERNEQUE, R.S. et al. Estimativas do consumo e da taxa de passagem do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), sob pastejo de vacas em lactação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.2183-2191, 2001a.

SOARES, J.P.G.; SALMAN, A.K.D.; BERCHIELLI, T.T. et al. Predição do consumo voluntário do capim Tanzânia (*Panicum maximum*, J. cv. Tanzânia), sob pastejo, por vacas em lactação, a partir das características de degradação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.2176-2182, 2001b.

TAMMINGA, S.; ROBINSON, P.H.; VOGT, M. et al. Rumen ingesta kinetics of cell wall components in dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.25, p.89-98, 1989.

VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M. et al. The influence of elephant-grass (*Pennisetum purpureum* Schum., Mineiro variety) growth on the nutrient kinetics in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.67, p.151-161, 1997.