

CONCENTRAÇÃO, PROPORÇÃO MOLAR E TAXA DE PRODUÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS (AGV) NO RÚMEN DE BOVINOS ALIMENTADOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE CONCENTRADO NA DIETA¹

TELMA TERESINHA BERCHIELLI², NORBERTO MÁRIO RODRIGUEZ³,
PEDRO DE ANDRADE²

RESUMO - Com o objetivo de estudar a concentração, proporção molar, taxa de produção de AGV (acetato propionato, butirato e AGVtotais) e correlação entre concentração (mmoles/l) e taxa de produção relativa (mmoles/min), utilizaram-se três novilhos com cânulas de rúmen alimentados com dietas, variando a relação volumoso (V): concentrado (C) ($V_{80}C_{20}$, $V_{60}C_{40}$, $V_{40}C_{60}$). Uma infusão única de Na-acetato-¹⁴C via cânula ruminal foi realizada para medir taxa de produção relativa de AGV. A concentração de AGV (mmol%) variou significativamente para propionato e butirato, quando

aumentou o nível de concentrado de 20 para 60%, sendo o propionato de 1,76 a 2,30 e o butirato de 1,00 a 1,18. Para acetato e AGVtotais não ocorreram diferenças significativas, apesar de verificar-se que houve leve diminuição de acetato para maiores níveis de concentrado e aumento de AGVtotais, em função do aumento da concentração de propionato. Relações acetato: propionato para $V_{80}C_{20}$, $V_{60}C_{40}$, $V_{40}C_{60}$ foram de 5,1; 4,8 e 3,8, respectivamente, diferindo estatisticamente. Obteve-se taxa de produção relativa de 35,2 a 48,9; 7,0 a 13,0; 4,0 a 6,8 e 46,2 a 68,7 moles/24 horas de acetato, propionato, butirato

¹ Parte da tese do primeiro autor apresentada à UFMG para obtenção do título de doutor em Ciência Animal.

² Professor da UNESP-14870-000-Jaboticabal, SP. Pesquisador do CNPq.

³ Professor da UFMG-30161-970-Belo Horizonte, MG. Pesquisador do CNPq.

e AGVtotais, respectivamente, em função do aumento de concentrado na dieta. Verificou-se que a concentração e taxa de produção de propionato e butirato estão altamente correlacionados (0,83 e 0,91, respectivamente), no entanto, para acetato há baixa correlação (0,05) e para AGVtotais, correlação média (0,51).

Palavras-chave: Ácidos graxos voláteis, concentração, proporção molar, taxa de produção.

CONCENTRATION, MOLAR PROPORTIONS, AND PRODUCTION OF VOLATILE FATTY ACIDS (VFA) IN THE RUMEN CATTLE FED DIFFERENT LEVELS OF CONCENTRATE IN THE DIET

ABSTRACT - This work was conducted to study the concentration, molar proportions, rates of the VFA production (acetate, propionate, butyrate, and the total VFA) and the correlation of concentration (mmoles/l) versus production relative rate of VFA (mmoles/min). Three of ruminally-cannulated steers were fed with forage: concentrate ratios of 80:20, 60:40 and 40:60. a single infusion of (Na-acetate-¹⁴C in the rumen was to used measure the relative rate of production of VFA. The concentration of VFA (mmol%) changed for propionate and butyrate as the concentrate level increased from 20 to 60% the acetate and total VFA concentrations were not affected by the treatments although a decrease in

acetate was observed at the higher concentrate level, and a increase in total VFA, as the concentration of propionate increased. The acetate: propionate ratios for the treatments 80:20; 60:40; 40:60 were 5.1; 4.8; and 3.8, respectively, and were statistically different. Relative production rates increased from 35.2 to 48.9; for 7.0 to 13.0; for 4.0 to 6.8; and for 46.2 to 68.7 moles/24 hours for acetate, propionate, butyrate and total VFA, respectively, as the concentrate in the diet increased. It was observed that the concentration and the rate production of propionate and butyrate were highly correlated (0.83 and 0.91, respectively). However, for acetate were low correlation (0.05), and average correlation (0.51) for total VFA's.

Keywords: Volatil fatty acid, concentration, molar proportions, production rate,

INTRODUÇÃO

Os ácidos graxos voláteis (AGV), predominantemente na forma de acetato, propionato e butirato, fornecem a maior parte da energia absorvida pelos ruminantes, estimando-se em 50-70% da energia digestível total (SUTTON, 1980). Esses ácidos de cadeia curta são produzidos pela fermentação microbiana da celulose e outras matérias orgânicas no rúmen. Aproximadamente 2/3 do acetato absorvido é subsequentemente oxidado, e o restante usado em processos, assim como a lipogênese. Metade do

propionato absorvido é convertido em glicose, e butirato é amplamente convertido em corpos cetônicos no epitélio ruminal. Entretanto, tanto a proporção molar, como o fornecimento total de AGV, são os maiores determinantes da utilização dos alimentos pelos ruminantes (FRANCE et al., 1991). Portanto, a determinação quantitativa dos processos de fermentação ruminal requer medidas de taxa de produção de ácidos graxos voláteis.

São poucos trabalhos existentes na literatura que mediram taxa de produção de AGV. DAVIS (1967) mediu produção de acetato, utilizando vacas em lactação, com infusão única de Na-acetato- ^{14}C e obteve variação de 28,1 a 29,3 moles/dia para produção de acetato. SICILIANO-JONES e MURPHY (1989), PUNIA e SHARMA (1990) realizaram experimentos com bovinos de peso vivo médio de 356 e 350 kg, respectivamente, tendo os autores utilizado também infusão única, de Na-acetato- ^{14}C , para medirem produção de AGV e encontraram resultados totalmente diferentes. SICILIANO-JONES e MURPHY (1989) obtiveram taxas de produção de 26,4 a 36,7; 7,6 a 11,7; 4,0 a 7,2; 38,0 a 55,6 moles/dia de acetato, propionato, butirato e AGV totais, respectivamente. Enquanto PUNIA e SHARMA (1990) encontraram valores menores para acetato, propionato, butirato e AGV totais que variaram de 10,6 a 13,4; 4,4 a 6,3; 1,4 a 2,4; e 16,4 a 23,0 moles/dia, respectivamente.

SHARP et al. (1982) utilizaram novilhas de 360 kg de peso vivo médio, mas utilizaram infusão contínua

e três AGV marcados (acetato, propionato, butirato) e observaram valores que variaram de 23,6 a 46,1; 16,3 a 23,0; 5,1 a 12,7; e 35,9 a 50,1 moles/dia para acetato, propionato e butirato e AGV totais, respectivamente. Resultados estes, semelhantes aos encontrados por SICILIANO-JONES e MURPHY (1989), mostrando não haver diferença entre infusão de um único ácido ou mistura de ácidos, bem como infusão em dose única ou contínua para bovinos.

Os AGV são os principais produtos da fermentação ruminal, juntamente com a proteína microbiana produzida. Concentrações e proporções molares de AGV são comumente medidas, assumindo que concentrações relativas representam produção de AGV. Os poucos dados existentes sobre taxa de produção de AGV com bovinos são controvertidos e, praticamente, inexistem dados em condições tropicais. Faz-se necessário, portanto, procurar um procedimento para se determinar a produção de AGV individuais, para uso de rotina, e com isso obter maiores informações sobre produtos da fermentação ruminal em condições tropicais e sua influência no processo produtivo do animal.

Logo, o objetivo do trabalho foi estudar a taxa de produção de ácidos graxos voláteis (AGV), utilizando o método de WELLER et al. (1967), suas concentrações e proporções molares variando a relação volumoso: concentrado da dieta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Escola de Veterinária da Universida-

de Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte. Foram utilizados três novilhos, com cânulas de rúmen, com peso vivo médio inicial de 277 kg e aproximadamente 16 meses de idade. Os animais foram alojados em baias individuais, com cocho para alimentação e bebedouro, e presos com cabrestos feitos com cordas.

O trabalho teve início em 09.06.1992 e encerrou-se em 07.08.1992, tendo três períodos experimentais com duração de 20 dias cada, sendo 17 dias de período de adaptação à dieta. As designações dos tratamentos encontram-se no Quadro 1. Os animais recebiam a ração diária em partes iguais, duas vezes ao dia, às 8 e 16 horas.

Para medir produção de AGV, foi administrado infusão única de Na-acetato- ^{14}C (0,1 mCi/250 ml de água destilada) via cânula ruminal, no 18º dia de cada período às 9 horas. Amostras de líquido ruminal foram coletadas em intervalos de hora em hora, das 11 às 15 horas, isto é, 3, 4, 5, 6 e 7 horas após a primeira alimentação. O pH foi determinado imediatamente e o líquido ruminal, amostrado para análise de AGV, foi filtrado em gase e acidificado com ácido metafosfórico à 25% (50 ml de líquido ruminal para 10 ml de ácido). As amostras foram congeladas, imediatamente após, para análises posteriores.

Após o descongelamento, as amostras de fluido ruminal foram centrifugadas a 27.000g por 15 minutos. A concentração de AGV no líquido ruminal foi determinado por cromatografia gasosa em aparelho VARIAN, modelo 2485, usando co-

lunas de vidro de 1/4 de polegada de diâmetro e "Chromosorb 101" de 80 a 100 mesh como fase estacionária.

A radioatividade da amostra foi medida por contagem de cintilação, sendo colocados para a análise 100 ml de líquido ruminal centrifugado em 10 ml de solução cintiladora (4 g PPO, 100 mg DM-P0POP, 333 ml Triton X-100 e 667 ml de tolueno) (PATTERSON e GREENE, 1965).

O declínio com o tempo da radioatividade específica (mCi/mole do acetato) foi descrito pelo modelo: $\text{RE} = A e^{-bt}$, em que RE é a radioatividade específica; A é a radioatividade específica (mCi/mmol de AGVtotal) para $t = 0$; t é tempo após a infusão do ácido marcado e; b é a taxa constante de declínio, cuja unidade é minutos^{-1} . Portanto, produção de AGVtotais (P-mmoles) é igual à dose administrada $[\text{mCi}/\text{RE} (\text{mCi}/\text{mmole de AGVtotal})]$, conseqüentemente a taxa de produção aparente de AGVtotais é igual a PXb (mmoles de AGV total/minuto) (LENG, 1970). Por meio da taxa de produção de AGVtotais e proporções molares da AGV no rúmen, estimou-se a taxa de produção aparente dos outros AGV individualmente, conforme WELLER et al. (1967).

Os alimentos foram amostrados semanalmente durante todo o experimento, para determinar matéria seca, matéria orgânica e N-total (AOAC, 1975), fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, celulose, hemicelulose e lignina segundo VAN SOEST (1967), carboidratos solúveis (BAILEY, 1967), amido (POORE et al., 1985) e energia bruta por intermédio de bomba calorimétrica, tipo

QUADRO 1 - Tratamentos, níveis de concentrado e composição das rações.

TABLE 1 - Treatments, concentrate levels and diet composition.

Tratamentos <i>Treatments</i>	Volumoso(V) <i>Forage</i>	Concentrado(C) <i>Concentrate</i>	Composição do concentrado <i>Concentrate composition</i>		
	% (MS) (DM)	% (MS) (DM)	Far.de algodão <i>Cottonseed meal</i> (%)	Milho <i>Corn</i> (%)	Uréia <i>Urea</i> (%PND) (RDN)
V ₈₀ C ₂₀	80	20	55	45	37
V ₆₀ C ₄₀	60	40	55	45	18
V ₄₀ C ₆₀	40	60	55	45	0

MS = matéria seca; PND - potencial de nirogênio degradável -ARC (1980, 1984).

DM=dry matter; RDN= rumen degradable nitrogen.

PARR.

Utilizou-se o delineamento em quadrado latino (3x3) e realizou-se a análise de variância e comparação de médias pelo teste t e de Tukey, através do programa ANOVA do Statistical Analysis Sistem (SAS, 1985).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição química e a energia digestível das dietas estão apresentadas no Quadro 2.

As concentrações de AGV (Quadro 3) no fluído ruminal diferiram significativamente ($P < 0,05$) para propionato e butirato. Quando elevou-se o nível de concentrado na dieta, houve aumento na concentração desses ácidos. Entretanto, a concentração de AGV totais não mostrou diferença significativa. Os resultados obtidos estão de acordo com a literatura, que relata a concentração de

AGV totais variando em função do nível de concentrado na dieta. É importante observar que o aumento na concentração de AGV totais, apesar de não significativo, foi resultado de um aumento na quantidade de propionato.

As proporções molares de AGV no fluído ruminal (Quadro 3) apresentaram diferenças significativas ($P < 0,05$) para acetato, propionato e butirato. Quando variou o nível de concentrado na dieta, ocorreu decréscimo na proporção molar de acetato, e aumento na de propionato.

A relação acetato:propionato (Quadro 3) também decresceu significativamente com a diminuição de volumoso na dieta. Dietas com 20 e 40% de concentrado apresentaram maior relação de acetato:propionato, quando comparados com 60% de concentrado na dieta, sendo os resultados semelhante aos obtidos por SICILIANO-JONES e MURPHY (1989). A relação acetato:propionato

QUADRO 2 - Composição química e energia digestível das dietas.

TABLE 2 - Chemical composition and digestible energy of the diets.

Nutrientes ¹ <i>Nutrients</i>	Relação volumoso(V): concentrado(C) <i>Forage:concentrate ratios</i>		
	V ₈₀ C ₂₀	V ₆₀ C ₄₀	V ₄₀ C ₆₀
MS <i>DM</i>	88,0	88,0	88,0
		%MS DM	
MO; <i>CM</i>	95,4	95,5	95,5
PB <i>CP</i>	12,3	15,7	19,0
Amido <i>Starch</i>	10,4	15,6	20,9
FDN <i>NDF</i>	72,0	60,7	49,4
FDA <i>ADF</i>	41,2	36,4	31,6
Celulose <i>Cellulose</i>	33,0	28,4	23,7
Hemicelulose <i>Hemicellulose</i>	30,8	24,3	17,8
Lignina <i>Lignin</i>	6,2	5,6	5,0
CHO totais <i>TotalCOH</i>	75,0	69,1	63,2
ED (Mcal/kg MS) <i>DE(Mcal/kg DM)</i>	2,2	2,5	2,7

¹ MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; CHO = carboidratos totais = amido + celulose + hemicelulose + CHO solúvel em álcool; ED = energia digestível

DM = dry matter; OM = organic matter; CP = crude protein; NDF = neutral detergent fiber; ADF = acid detergent fiber; COH = total carbohydrates = starch + cellulose + hemicellulose + alcohol soluble COH; DE = digestible energy.

mostrou efeito linear significativo à 5% ($r=0,96$), havendo queda de 0,0335 unidades para cada unidade de aumento porcentual de concentrado na dieta.

Apesar de não ter sido realizado análise estatística para concentração de N-NH₃ e pH ruminal, pode-se observar (Quadro 3) que houve queda dos mesmos, quando diminuiu a relação volumoso:concentrado, resultado do aumento do teor de amido na dieta. CAMERON et al. (1991), ao adicionarem amido à dieta de vacas em lactação, observaram diminuição do pH e da relação acetato:propionato, apesar de não terem encontrado diferenças significativas. É importante, ainda, salientar que era esperado redução maior do pH para dietas com maiores níveis de concentrado. Talvez isso não tenha ocorrido em função da frequência alimentar e também do fato de que dietas com feno resultam em menores flutuações no ambiente ruminal, exercendo função tamponante no rúmen. Mesmo assim, o menor valor observado para pH (6,6) é ainda compatível com uma atividade das bactérias celulolíticas ruminais.

No Quadro 3 pode-se observar também a taxa de produção de AGV estimada por meio da infusão de Na-acetato-¹⁴C no rúmen. A taxa de produção de acetato, propionato, butirato e AGV totais (mol/24 horas) variou ($P<0,05$) com a relação volumoso:concentrado.

Os resultados obtidos neste trabalho para taxa de produção de acetato foram superiores aos observados por DAVIS (1967), SICILIANO-JONES e MURPHY (1989) e PUNIA e SHARMA (1990), mas encontram-se

dentro da amplitude de variação (23,6 a 46,1 mol/dia), citado por SHARP et al. (1982). As taxas de produção de propionato e butirato também aumentaram significativamente nos maiores níveis de concentrado na dieta. Os valores para produção de propionato foram inferiores aos relatados por SHARP et al. (1982), mas semelhantes aos obtidos por SICILIANO-JONES e MURPHY (1989), e maiores que aos observados por PUNIA e SHARMA (1990). Os resultados de produção de butirato foram semelhantes aos encontrados por SHARP et al. (1982) e SICILIANO-JONES e MURPHY (1989), e superiores aos observados por PUNIA e SHARMA (1990).

SHARP et al. (1982) relataram que a taxa de produção de AGV totais variou de 35,9 a 50,1 moles/dia, valores estes inferiores aos observados neste trabalho, provavelmente devido à alta taxa de produção de acetato. Essa alta taxa de produção de acetato pode ter ocorrido em função de uma ativa degradação da fibra pela população microbiana, visto que o pH se manteve acima de 6,0 para todos os tratamentos, não ocorrendo inibição de bactérias celulolíticas, o que é comum com dietas ricas em concentrado. Também pode ser que a taxa de produção de AGV totais esteja super estimada em função dos horários em que foram coletadas as amostras de líquido ruminal.

Maiores produções de propionato e butirato para dietas com 60% de concentrado provavelmente ocorreram, devido à presença de açúcares realmente fermentáveis e amido nesse tratamento. Pode-se concluir que

QUADRO 3 - Ingestão de matéria seca, concentração (mmoles%), proporções molares (%), taxa de produção de AGV (mol/24 horas), concentração N-NH₃ e pH ruminal de novilhos alimentados com dietas variando a relação volumoso(V): concentrado (C).

TABLE 3 - Dry matter intake, concentration (mmoles%), molar proportion(%), rate of the VFA production (mol/24h), N-NH₃ concentration and ruminal pH of steers fed rations varying in forage:concentrate ratios.

Parâmetros Parameters	Relação volumoso(V):concentrado(C) Forage:concentrate ratios			CV (%)
	V ₈₀ C ₂₀	V ₆₀ C ₄₀	V ₄₀ C ₆₀	
Ingestão de MS (kg/d) ² DM intake (kg/d)	6,3a	7,4a	7,4a	5,2
Concentração de AGV (mmoles %) ¹ VFA concentration				
Acetato Acetate	8,9a	8,5a	8,6a	5,7
Propionato Propionate	1,8b	1,8b	2,3a	10,5
Butirato Butyrate	1,0b	1,2a	1,2a	5,0
AGV totais TotalVFA	11,7a	11,5a	12,1a	5,2
Proporções molares (%) Molar proportions				
Acetato Acetate	76,3a	73,7b	71,2c	1,7
Propionato Propionate	15,1b	15,7b	19,0a	8,0
Butirato Butyrate	8,6c	10,6a	9,8b	5,2
Relação acetato:propionato ¹ Acetate:propionate ratio	5,1a	4,8a	3,8b	9,3
Taxa de produção AGV(mol/24h) ² Rate of the VFA production				
Acetato Acetate	35,2b	43,8ab	48,9a	6,0
Propionato Propionate	7,0c	9,3b	13,0a	5,7
Butirato Butyrate	4,0b	6,3a	6,8a	8,4
AGV totais Total VFA	46,2b	59,5a	68,7a	5,1
pH	7,1	6,8	6,6	-
N-NH ₃ (mg%/ml)	28,2	26,1	21,3	-
N-NH ₃				

¹Média na mesma linha seguidos da mesma letra, não diferem (P<0,05), pelo teste de Tukey.

²Média na mesma linha seguidas da mesma letra não diferem (P<0,05), pelo teste de t.

CV - Coeficiente de variação.

¹Means in the same row following by the same letter are different (P<0.05), by Tukey test.

²Means in the same row following by the same letter are different (P<0.05), by t test.

CV - Coefficient of variation

QUADRO 4 - Correlações de taxa de produção (mmole/min) em relação à concentração ruminal (mmole/l) de AGV

TABLE 4 - Correlation of the production rate (mmole/min) in relation to the ruminal concentration (mmole/l) of VFA

Taxa de produção de AGV x concentração ruminal			*P<0,05
Rate of the VFA production x ruminal concentration			
(mmoles/min)	(mmoles/l)	r	**P<0,01
Acetato <i>Acetate</i>		0,05	NS
Propionato <i>Propionate</i>		0,83	**
Butirato <i>Butyrate</i>		0,91	**
AGVtotais <i>TotalVFA</i>		0,51	NS

dietas ricas em concentrado fornecem substrato para crescimento dos microrganismos no rúmen e produção de proteína microbiana, assim como maiores produções de AGV que dietas com alto nível de volumoso.

Para determinar se diferenças na concentração de AGV (mmoles/l) refletiram diferenças na taxa de produção (mmoles/min), esses foram comparados por meio de análise de correlação (Quadro 4). Observou-se que as concentrações e as taxas de produção de propionato e butirato estão altamente correlacionadas. No entanto, para acetato há baixa correlação e, para AGV totais, correlação média, resultados estes próximos aos obtidos por SHARP et al. (1982).

As concentrações dos ácidos acético, propiônico e butírico e de AGV totais foram relacionados com suas taxas de produção, sendo as equações de regressão, para predizer taxa de produção de um ácido por meio de sua concentração, erros padrões do coeficiente de regressão e coeficientes de determinação (r^2):

$$Y_{Ac} = 0,066 X_{Ac} + 23,861 \\ (\pm 0,548) \quad r^2 = 0,002 \text{ NS};$$

$$Y_{Pr} = 0,511 X_{Pr} - 3,214 \\ (\pm 0,128) \quad r^2 = 0,694 **;$$

$$Y_{Bu} = 0,801 X_{Bu} - 5,152 \\ (\pm 0,135) \quad r^2 = 0,834 **;$$

$$Y_{AGVt} = 0,723 X_{AGVt} - 44,827 \\ (\pm 0,457) \quad r^2 = 0,264 \text{ NS}; \text{ em que } Y_{Ac}, \\ Y_{Pr}, Y_{Bu}, Y_{AGVt} \text{ são a taxa de produção de acetato, propionato, butirato e}$$

AGV totais, respectivamente (mmoles/min), e X_{Ac} , X_{Pr} , X_{Bu} , X_{AGV} , concentrações de acetato, propionato, butirato e AGV totais no fluído ruminal (mmoles/l).

Interconversões entre os AGV (LENG e LEONARD, 1965) não foram estimadas no presente trabalho, pois medidas de taxa de produção líquida de cada ácido requerem sucessivas infusões intraruminais do ácido individualmente e fatores de correção para absorção contínua destes através da parede ruminal, assim como escape através do orifício omasal com o fluxo da digesta. Todavia, a medição de produção de AGV proposta por WELLER et al. (1967), fornece informações importantes sobre caminhos da fermentação e eficiência de utilização do alimento, visto os baixos coeficientes de variação observados.

CONCLUSÕES

1. Níveis crescentes de concentração aumentam a taxa de produção de AGV, modificando a proporção molar.

2. Diferenças na extensão da fermentação sobre várias dietas pode parcialmente explicar os diferentes valores de produção de AGV encontrados na literatura, fazendo-se necessária a procura de procedimentos de determinação de produção de AGV para uso de rotina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL-A.R.C. The nutrient requirement of ruminant livestock. London, 1980. 351p.
02. AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL-A.R.C. The nutrient requirement of ruminant livestock. London, 1984. 45p. Supplement n.1.
03. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS-A.O.A.C. Official methods of analysis. 12.ed. Washington, D.C.: 1975. 1095p.
04. BAILEY, R.W. Quantitative studies of ruminant digestion loss of ingested plant carbohydrates from the reticulo-rumen. *N.Z.J. Agric. Res.*, Wellington, v.10, n.1, p.15-32, 1967.
05. CAMERON, M.R., KLUSMEYER, T.H., LYNCH, G.L. et al. Effects of urea and starch on rumen fermentation, nutrient passage to the duodenum, and performance of cows. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v.74, n.4, p.1321-36, 1991.
06. DAVIS, C.L. Acetate production in the rumen of cows fed either control or low-fiber, high-grain diets. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v.60, n.10, p.1621-5, 1967.
07. FRANCE, J., SIDDONS, R.C., DHANOA, M.S. Adaptation of compartmental schemes of interpreting isotope dilution data on volatile fatty acid metabolism in the rumen of the non-steady state and for single-dose injection. *J. Theor. Biol.*, London, v.153, n.2, p.247-54, 1991.
08. LENG, R.A. Fermentation and production of volatile fatty acids in the rumen. In: PHILIPSON, A.T. (ed.). Physiology of digestion and metabolism in the ruminant. Cambridge: Oriel Press, 1970, p.406-21.
09. LENG, R.A., LEONARD, G.J. Measurement of the rates of production of acetic, propionic and butyric acids in the rumen of sheep. *Br. J. Nutr.*, London, v.19, n.2, p.469-84, 1965.
10. PATTERSON, M.S., GREENE, R.C. Measurement of low energy beta-emitters in aqueous solution by scintillation counting of emulsions. *Anal. Chem.*, Washington, v.37, n.3, p.854-7, 1965.
11. POORE, M.H., ECK, T.P., SWINGLE, R.S.

- et al. Total starch availability of feed grains. IN: RUMEN FUNCTION:BIENAL CONFERENCE, 20, 1989. Chicago. p.10. *Abstr.*35.
12. PUNIA, B.S., SHARMA, D.D. Influence of dietary energy on ruminal VFA productions rate in buffaloes and cattle. *Indian J. Anim. Sci.*, New Delhi, v.60, n.7, p.888-92,1990.
13. SAS-Statistical analyses system user's guide: 5.ed. Cary: SAS Institute ., 1985. v.1. 956p.
14. SHARP, W.M., JOHNSON, R.R., OWENS, F.N. Ruminal VFA production with steers fed whole or ground corn grain. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v.55, n.6, p.1505-14, 1982.
15. SICILIANO-JONES, J., MURPHY, M.R. Production of volatile fatty acids in the rumen and cecum-colon of steers as affected by forage: concentrate and forage physical form. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v.72, n.2, p.485-92, 1989.
16. SUTTON, J.D. Digestion and end production formation in the rumen from production rations. In: RUCKEBUSCH, Y., THIVEND, P. (Ed.) Digestive physiology and metabolism in ruminants. MTP Press, 1980. p.271-90.
17. VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analysed and its application to forages. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v.26, n.1, p.119-28, 1962.
18. WELLER, R.A., GRAY, F.V., PILGRIM, A.F. et al. The rates of production of volatile fatty acids in the rumen. IV - Individual and total volatile fatty acids. *Austr. J. Agric. Res.*, Melbourne, v.18, n.1, p.107-18, 1967