



Variação diária na excreção de indicadores interno (FDAi) e externo (Cr_2O_3), digestibilidade e parâmetros ruminais em bovinos alimentados com dietas contendo uréia ou farelo de soja¹

Mônica Lopes Paixão², Sebastião de Campos Valadares Filho³, Maria Ignez Leão³, Paulo Roberto Cecon⁴, Marcos Inácio Marcondes⁵, Polyana Albino Silva², Douglas dos Santos Pina², Marcos Gonçalves de Souza⁶

¹ Parte da tese de Mestrado da primeira autora, parcialmente financiada pela FAPEMIG.

² Doutorando em Zootecnia, DZO/UFV.

³ DZO/UFV.

⁴ DPI/UFV.

⁵ Mestrando em Zootecnia, DZO/UFV.

⁶ Graduando em Zootecnia, UFV. Bolsista CNPq.

RESUMO - Objetivou-se avaliar a variação na excreção diária de indicadores interno (FDAi) e externo (óxido crômico) e determinar o efeito de dois níveis de substituição da proteína do farelo de soja pelo nitrogênio não-protéico da uréia (0 e 100%) em dois níveis de oferta de concentrado (0,75 e 1,25% PV) sobre os consumos e as digestibilidades totais e parciais dos nutrientes. Foram avaliadas ainda as concentrações de N-NH_3 no líquido ruminal e o pH. Utilizaram-se quatro novilhos holandeses com peso vivo médio inicial de 445 kg, fistulados no rúmen e abomaso. No estudo dos indicadores, adotou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos, nas subparcelas os indicadores e nas subsubparcelas os cinco dias de coleta de fezes. Na avaliação das digestibilidades, utilizou-se o delineamento em quadrado latino 4 x 4, com quatro animais, quatro períodos experimentais e quatro tratamentos. O volumoso foi constituído de silagem de capim-elefante e silagem de sorgo na proporção de 80:20, respectivamente. Não houve interação para nenhuma das variáveis estudadas e não houve efeito do dia de coleta nem do tratamento no estudo dos indicadores. A FDAi subestimou os valores de digestibilidade e o Cr_2O_3 não diferiu estatisticamente da coleta total de fezes. Os consumos de todos os ingredientes, à exceção da FDN, aumentaram com a elevação dos níveis de concentrado e das digestibilidades de todos os nutrientes, exceto do EE. Apenas a digestão ruminal dos CNF foi alterada pelo aumento do nível de concentrado na dieta. O pH e o NH_3 foram positivamente afetados quando a uréia esteve presente no concentrado. Não é necessário fazer coleta total de fezes durante cinco dias; os indicadores testados possibilitaram estimar satisfatoriamente as digestibilidades dos nutrientes.

Palavras-chave: confinamento, digestibilidade, nitrogênio não-protéico

Daily variation in the excretion of internal (iADF) and external (Cr_2O_3) markers, digestibility and ruminal metabolism in cattle fed diets containing urea or soybean meal

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the effect of replacing (0 and 100%, DM basis) soybean meal with urea, in diets with two levels of concentrate (0.75 and 1.25% of BW), on intake, nutrient digestibility, and ruminal metabolism in cattle. It was also of particular interest to investigate the variation in the daily excretion of internal (iADF) and external (Cr_2O_3) markers. Four Holstein steers averaging 445 kg of BW and fitted with ruminal and abomasal cannulas were used in this trial. Markers excretion data were analyzed as a completely randomized block design in a split plot. The split plot model included the effects of treatment in the whole plot, markers in the subplot and the five days of total fecal collection as the sub-subplot. A 4 x 4 Latin square design was used to evaluate nutrient digestibility. The forage portion of the diet contained elephant grass silage and sorghum silage in an 80:20 ratio. No significant interaction was detected for any of the studied variables. Markers excretion was not affected by day of fecal collection and diets. Indigestible ADF underestimated nutrient digestibility while digestibility estimated by Cr_2O_3 did not differ from that measured by total collection of feces. Except for NDF, intake of all remaining nutrients increased when the dietary concentrate level increased from 0.75 to 1.25% of BW. The same was observed for nutrient digestibility with the exception of ether extract. Only ruminal digestibility of NFC was changed by the concentrate level in the diet. Ruminal NH_3 and pH were both affected by inclusion of urea in the diet. It was concluded that there is no need of 5 days of total fecal collection because the markers used were able to satisfactorily estimate nutrient digestibility.

Key Words: digestibility, feedlot, non-protein nitrogen

Introdução

Vários estudos têm sido realizados para determinar a digestibilidade e associá-la às características bromatológicas dos alimentos por sua relativa facilidade e eficácia de obtenção. A digestibilidade pode ser obtida pelo método direto, que implica rigoroso controle da ingestão e excreção diária, sendo inviável em algumas situações, além de constituir-se um processo laborioso.

A técnica dos indicadores consiste no emprego de uma substância de referência (indicador), que, depois de ingerida, é totalmente recuperada nas fezes (Coelho da Silva et al., 1979). Entre os indicadores existentes, o óxido crômico tem sido o mais amplamente utilizado na determinação da excreção fecal, por seu baixo custo, sua fácil incorporação à dieta e relativa facilidade de análise. Entretanto, vários problemas têm sido relatados na literatura acerca do uso do óxido crômico: incompleta mixagem com a digesta ruminal (Coelho da Silva et al., 1979); passagem mais rápida pelo rúmen em comparação ao material fibroso (Van Soest, 1994); e possibilidade de acúmulo em partes do trato digestivo (Schneider & Flatt, 1975, citados por Pereira et al., 1983).

Recentemente, a porção fibrosa indigestível tem sido utilizada como indicador interno. Os métodos de incubação utilizados são *in situ* e *in vitro* e as frações que têm demonstrado potencial como indicador são as fibras indigestíveis em detergente neutro (FDNi) e em detergente ácido (FDAi), obtidas após 144 horas de incubação ruminal. Desse modo, o uso de indicadores constitui um recurso para estimar a digestibilidade dos alimentos quando a coleta total é impraticável, sendo necessários estudos para determinação e correção das limitações inerentes a cada indicador. O estudo da variação diária na excreção de indicadores permite determinar quantos dias são necessários para determinar a digestibilidade, o que pode possibilitar reduções no tempo e nos recursos necessários para a realização de ensaios de digestibilidade.

Uma vez que o processo de digestão nos ruminantes é o resultado de uma seqüência de eventos em diferentes segmentos do trato gastrointestinal, o local de digestão influencia a natureza dos produtos finais absorvidos, a extensão das perdas e, provavelmente, a resposta produtiva do animal (Merchen et al., 1997).

Os dados de digestibilidade e os parâmetros ruminais obtidos neste trabalho servirão para explicar os resultados encontrados por Paixão et al. (2006). Esses autores avaliaram o desempenho de 16 animais (Nelore x Holandês) alimentados com dois níveis de concentrado e com substituição total da proteína do farelo de soja pelo NNP da uréia e verificaram que a fonte protéica não afetou o desempenho,

contudo, o aumento da proporção de concentrado na dieta refletiu em melhor desempenho animal.

Resultados conflitantes têm sido reportados acerca da concentração ideal de amônia ruminal. Satter & Slyter (1974) e Balcells et al. (1993) afirmaram que a disponibilidade de amônia é importante na produção de proteína microbiana e estabeleceram 5 mg N/dL de fluido ruminal como mínimo necessário para máxima fermentação microbiana. Contudo, Van Soest (1994) relatou como nível ótimo 10 mg N/dL de líquido de rúmen e comentou que esse valor não deve ser considerado número fixo, pois a capacidade de síntese microbiana e de captação de amônia pelas bactérias depende da taxa de fermentação de carboidratos.

Os objetivos neste trabalho foram estudar a variação diária na estimativa das digestibilidades dos nutrientes obtida por meio de um indicador externo (óxido crômico) e de um interno (FDAi) e avaliar o efeito de dois níveis de oferta de concentrado (0,75 e 1,25% do PV) e de dois níveis de substituição da proteína do farelo de soja pelo nitrogênio não-protéico da uréia (0 e 100%) sobre os consumos, as digestibilidades totais e parciais dos nutrientes, as concentrações de N-NH₃ e o pH ruminal.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Animais e no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG.

Foram utilizados quatro animais de grau de sangue predominantemente Holandês com 445 kg de PV, fistulados no rúmen e abomaso, segundo técnicas descritas por Leão e Coelho da Silva (1980). Os animais foram mantidos em confinamento em baias individuais cobertas, com piso de concreto revestido de borracha (3 x 3 m), dotadas de comedouros e bebedouros de alvenaria individuais.

A alimentação foi fornecida uma vez ao dia, em forma de mistura completa. O volumoso foi fornecido à vontade em quantidade calculada para proporcionar no máximo 5% de sobras. Diariamente, foram registradas as quantidades de alimentos fornecidos e de sobras de cada animal para estimativa do consumo. No momento da alimentação, durante todo o período experimental, foram feitas amostragens das dietas e das sobras. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e congeladas para análises posteriores.

Os animais foram distribuídos em quadrado latino 4 x 4, sendo os quatro tratamentos constituídos de dois níveis de uréia (0 e 100%) em substituição ao farelo de soja e de dois níveis de consumo de concentrado (0,75 e 1,25% do PV).

Como volumoso, foram utilizadas as silagens de capim-elefante e de sorgo, em uma relação 80:20.

Na Tabela 1 consta a proporção dos ingredientes e a composição químico-bromatológica e, na Tabela 2, a composição média das dietas experimentais.

Cada um dos quatro períodos experimentais teve duração de 14 dias (sete de adaptação e sete de coletas).

O óxido crômico foi fornecido diariamente a partir do 3º dia, em dose única de 15 g, ao meio-dia. No 7º (16h) e 8º dias (8h), foram coletadas amostras de digesta de abomaso. Também no 8º dia, foram feitas amostragens de líquido ruminal visando à determinação do pH e das concentrações de amônia (N-NH₃) 4 horas após alimentação. Entre o 9º e 14º dias, foi realizada coleta total de fezes. Ao final de cada dia

Tabela 1 - Composição percentual e química (com base na MS) dos concentrados, da silagem de capim-elefante e da silagem de sorgo
Table 1 - Ingredient and chemical composition of the concentrate, elephantgrass silage, and sorghum silage (% of DM)

Item	C = 0,75% PV C = 0.75% BW		C = 1,25% PV C = 1.25% BW		Silagem de capim-elefante Elephantgrass silage	Silagem de sorgo Sorghum silage
	FS M	U U	FS SM	U U		
Ingrediente (%)						
Fubá de milho (<i>Thin ground corn</i>)	46,80	89,30	71,80	94,24		
Farelo de soja (<i>Soybean meal</i>)	50,20	-		26,40	-	
Uréia (<i>Urea</i>)	-	7,00	-	3,60		
Sulfato de amônia (<i>Ammonium sulfate</i>)	-	0,70	-	-	0,36	
Sal mineral (<i>Mineral salt</i>)	3,00	3,00	1,80	1,80		
Composição química						
<i>Chemical composition</i>						
MS (<i>DM</i>)	88,09	87,54	87,44	86,85	32,70	26,52
MO (<i>OM</i>) ¹	94,48	96,41	96,31	97,47	91,71	94,07
PB (<i>CP</i>) ¹	29,87	30,57	20,58	20,71	5,90	6,12
NIDN (<i>NDIN</i>) ²	7,23	8,30	8,19	8,75	15,90	39,39
NIDA (<i>ADIN</i>) ²	3,93	4,69	4,55	4,95	14,20	11,69
EE ¹	2,09	3,18	2,78	3,35	1,86	2,48
CT (<i>TC</i>) ¹	62,52	62,66	72,95	73,41	83,92	85,45
FDN (<i>NDF</i>) ¹	12,13	9,28	11,29	9,80	69,81	54,28
FDNcp (<i>NDFap</i>) ¹	9,94	7,45	8,88	7,93	64,48	49,16
CNF (<i>NFC</i>) ¹	50,39	65,98	61,66	70,09	14,14	31,17
FDA (<i>ADF</i>) ¹	6,10	2,54	4,55	2,64	50,10	32,86
Lignina (<i>Lignin</i>) ¹	1,66	2,27	1,57	1,94	4,52	3,13

¹ %MS (% DM); ² % do N total (% of total N).

C = concentrado (C = concentrate); U = uréia (U = urea); FS = farelo de soja (SM = soybean meal).

Tabela 2 - Composição química das dietas experimentais, com base na MS

Table 2 - Chemical composition of the experimental diets, DM basis

Item	C = 0,75% PV C = 0.75% BW		C = 1,25% PV C = 1.25% BW	
	FS SM	U U	FS SM	U U
MS (<i>DM</i>) ¹	51,99	51,44	59,89	60,98
MO (<i>OM</i>) ¹	93,01	93,69	94,28	95,00
PB (<i>CP</i>) ¹	14,61	14,72	13,38	13,81
NIDN (<i>NDIN</i>) ²	15,75	16,22	14,30	14,28
NIDA (<i>ADIN</i>) ²	10,16	10,49	9,05	9,04
EE ¹	2,02	2,41	2,39	2,71
CT (<i>TC</i>) ¹	76,36	76,54	78,50	78,46
FDN (<i>NDF</i>) ¹	46,93	46,25	38,56	36,38
FDNcp (<i>NDFap</i>) ¹	42,76	42,19	34,73	32,91
CNF ¹ (<i>NFC</i>)	29,45	34,80	39,95	45,55
FDA ¹ (<i>ADF</i>)	31,96	30,94	25,27	23,19
Lignina ¹ (<i>Lignin</i>)	3,31	3,54	2,88	3,02

¹ %MS (% DM); ² % do N total (% of total N).

C = concentrado (C = concentrate); FS = farelo de soja (SM = soybean meal); U = uréia (U = urea).

da coleta total, as fezes recolhidas foram homogeneizadas para retirada de amostra representativa da excreção diária.

As amostras de fezes, sobras e digesta de abomaso foram pré-secas em estufa de ventilação forçada, a 65°C por 72 horas, trituradas em moinho de facas com peneira com crivos de 1 mm, sendo posteriormente acondicionadas em recipientes de vidro e submetidas às análises laboratoriais. No caso das fezes, as análises foram feitas nas amostras diárias e, posteriormente, o valor médio do período foi utilizado para determinação das digestibilidades totais e parciais.

Nas amostras de alimentos, sobras, fezes e de conteúdo abomasal, foram determinados os teores de MS, MO, NT e EE e, nas amostras de alimentos, os teores de FDA, conforme descrito por Silva & Queiroz (2002). A FDN foi determinada pela técnica da autoclave, segundo Pell & Schofield (1993), sendo quantificados os teores de PB e cinzas da FDN, segundo metodologia descrita por Silva & Queiroz, (2002),

para determinação da FDN corrigida (FDN_{cp}). Na FDA e FDN retidas no cadinho filtrante, foram determinados os teores de nitrogênio total para quantificação dos teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), respectivamente.

As análises de cromo nas amostras de fezes e nas digestas de abomaso foram realizadas de acordo com a marcha analítica descrita por Kimura & Dyer (1959), utilizando-se a digestão nitroperclórica de cromo, e a leitura foi feita por aparelho de absorção atômica.

A FDA_i foi determinada nas amostras de alimentos, fezes e sobras por meio da incubação ruminal por 144 horas de 0,5 g de amostra em sacos Ankom (filter bags F57), conforme técnica descrita por Craig et al. (1984). Entretanto, utilizou-se a incubação ruminal, por 144 horas, em vez da digestibilidade *in vitro*, sugerida no protocolo original. Foram incubadas amostras de alimentos, fezes e sobras. O material remanescente foi lavado em água e fervido em detergente ácido por 1 hora, sendo lavado em água destilada e em acetona e seco em estufa a 65°C por 72 horas.

Os carboidratos não-fibrosos (CNF) foram obtidos por meio da equação (Hall, 2000): $CNF = 100 - [(\%PB - \%PB \text{ da uréia} + \% \text{ uréia}) + FDN_{cp} + \%EE + \% \text{ Cinzas}]$; os carboidratos totais (CT), por meio da equação (Sniffen et al., 1992): $100 - (\%PB + \%EE + \% \text{ Cinzas})$ e os nutrientes digestíveis totais (NDT), pela equação: $NDT = \%PB_{\text{digestível}} + \%FDN_{\text{digestível}} + \%CNF_{\text{digestível}} + (2,25 * \%EE_{\text{digestível}})$. As concentrações de N-NH₃ nas amostras do líquido ruminal foram determinadas mediante destilação com hidróxido de potássio (KOH) 2N, conforme técnica de Fenner (1965), adaptada por Vieira (1980).

No estudo dos indicadores, o experimento foi montado segundo um esquema de parcelas subsubdivididas (os tratamentos compuseram as parcelas, os indicadores (FDA_i, óxido crômico e a coleta total) as subparcelas e os cinco dias de coleta as subsubparcelas), em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. Os resultados foram interpretados por meio de análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 2000).

Resultados e Discussão

Na avaliação dos indicadores, não houve interação indicador × tratamento, dia × tratamento, dia × indicador e dia × indicador × tratamento ($P > 0,05$) para nenhuma das digestibilidades totais estudadas, o que indica uniformidade dos indicadores quanto a essas possíveis fontes de variação (Tabela 3).

Não houve diferença entre as médias das digestibilidades de nenhum dos nutrientes entre as diferentes dietas experimentais. Apenas o NDT diferiu ($P < 0,05$) entre as dietas, o que pode ser atribuído ao fato de as dietas experimentais possuírem diferentes níveis de energia. Nos tratamentos $U_0C_{0,75}$ e $U_{100}C_{0,75}$, o concentrado foi fornecido aos animais na proporção de 0,75% do PV e, nos tratamentos $U_0C_{1,25}$ e $U_{100}C_{1,25}$, na proporção de 1,25% do PV. Nos tratamentos $U_0C_{1,25}$ e $U_{100}C_{1,25}$, a porcentagem de CNF na dieta foi maior, o que provavelmente ocasionou as diferenças no NDT (66,53 e 71,12% vs 61,49 e 65,52% dos tratamentos $U_0C_{0,75}$ e $U_{100}C_{0,75}$).

Berchielli et al. (2000) utilizaram delineamento de blocos ao acaso, em arranjo de parcelas subdivididas no qual a parcela principal foi composta dos sistemas de formulação de dietas (AFRC, 1993 e CNCPS) e das silagens (FO-capineira e milho) e a subparcela foi composta dos indicadores internos (FDN, FDA e lignina), determinados três e seis dias após incubação *in vitro* e cinza insolúvel em detergente ácido (CIA). Esses autores não observaram diferença significativa para as digestibilidades dos nutrientes (MS, PB, EE, FDN, EB e NDT) nos tratamentos da parcela principal. Nas subparcelas, não houve diferença entre os indicadores (FDN, FDA e Lignina) e a coleta total de fezes quando o período de incubação foi de seis dias; os valores da digestibilidade total da MS obtidos pela coleta total e os estimados pela FDA_i e FDN_i foram de 62,7; 62,3 e 65,0, respectivamente.

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos dias de coleta sobre nenhuma das digestibilidades estimadas, assim como não houve interação dias de coleta × indicadores (cromo e FDA_i). Entretanto, vários autores têm recomendado o fracionamento da dose diária de óxido crômico (Prigget et al., 1981; Buns et al., 1994) na tentativa de compensar as variações na excreção diária, visto que a curva de excreção do óxido crômico possui tendência cíclica simétrica, com um ponto de máximo e um de mínimo e valores de concentração fecal cujo comprimento para total ciclicização é próximo a 24 horas (Hopper et al., 1978).

Pereira et al. (1983), em estudo com bezerros fistulados no abomaso e idade média de cinco meses, distribuídos em seis tratamentos (dietas com e sem formaldeído, com níveis de óleo de soja de 0, 4 e 8% da MS total), observaram efeito linear crescente dos dias de coleta (1 a 7 dias) nas digestibilidades da MS e MO, efeito quadrático do número de dias de coleta sobre o coeficiente de digestibilidade da MS estimado pelo cromo e efeito linear sobre o coeficiente de digestibilidade da MO. Os autores consideraram satisfatórias as estimativas de excreção fecal obtidas com o método do óxido crômico.

Detmann et al. (2001a) relataram grande variabilidade nos resultados obtidos com o uso da FDA_i, ao passo que

Tabela 3 - Efeito das dietas experimentais, dos dias de coleta e dos indicadores sobre os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes (MS, MO, PB, EE e FDN) e os teores de NDT

Table 3 - Effect of treatments, days of collection, and markers in the digestibility coefficients of nutrients (DM, OM, CP, EE, NDF and TDN)

Item	Coeficiente de digestibilidade					
	MS <i>DM</i>	MO <i>OM</i>	PB <i>CP</i>	EE <i>EE</i>	FDN <i>NDF</i>	NDT <i>TDN</i>
Dieta experimental <i>Experimental diet</i>						
U ₀ C _{0,75} ¹	61,92 ^A	64,49 ^A	77,60 ^A	73,98 ^A	50,04 ^A	61,49 ^B
U ₀ C _{1,25} ²	61,83 ^A	64,04 ^A	77,62 ^A	78,82 ^A	47,22 ^A	66,53 ^{A, B}
U ₁₀₀ C _{0,75} ³	65,62 ^A	67,42 ^A	73,04 ^A	75,59 ^A	45,67 ^A	65,52 ^{A, B}
U ₁₀₀ C _{1,25} ⁴	66,49 ^A	68,61 ^A	75,08 ^A	81,67 ^A	47,31 ^A	71,12 ^A
Média (<i>Mean</i>)	63,97	66,14	75,84	77,52	47,56	-
CV	6,18	5,88	4,22	10,03	14,06	5,62
Dias de coleta <i>Days of collection</i>						
1	64,74 ^A	66,86 ^A	76,37 ^A	77,96 ^A	49,22 ^A	66,84 ^A
2	65,05 ^A	66,70 ^A	75,76 ^A	78,05 ^A	48,62 ^A	66,70 ^A
3	62,90 ^A	65,42 ^A	75,54 ^A	77,71 ^A	46,16 ^A	65,50 ^A
4	63,44 ^A	65,79 ^A	75,39 ^A	76,82 ^A	47,39 ^A	65,81 ^A
5	63,69 ^A	65,94 ^A	76,12 ^A	77,06 ^A	46,42 ^A	65,98 ^A
Média (<i>Mean</i>)	63,97	66,14	75,84	77,52	47,56	66,16
CV	6,18	5,88	4,22	10,03	14,06	5,62
Indicador <i>Marker</i>						
CT	64,73 ^A	66,90 ^A	76,37 ^A	77,97 ^A	48,65 ^A	66,88 ^A
Cr ₂ O ₃	64,89 ^A	66,94 ^A	76,43 ^A	78,24 ^A	48,76 ^A	66,93 ^A
FDAi (<i>iADF</i>)	62,27 ^B	64,58 ^B	74,70 ^B	76,34 ^B	45,28 ^B	64,68 ^B
CV	6,18	5,88	4,22	10,03	14,06	5,62

^{A, B} Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem (P<0.05) pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (*Means followed by the same capital letter in the column do not differ (P<0.05) by the test Tukey*).

¹ Fonte protéica farelo de soja e 0,75% do peso vivo em concentrado (*Soybean meal and 0.75% body weight as concentrate*).

² Fonte protéica farelo de soja e 1,25% do peso vivo em concentrado (*Soybean meal and 1.25% body weight as concentrate*).

³ Fonte protéica uréia e 0,75% do peso vivo em concentrado (*Urea and 0.75% body weight as concentrate*).

⁴ Fonte protéica uréia e 1,25% do peso vivo em concentrado (*Urea and 1.25% body weight as concentrate*).

a avaliação do resíduo ingerido após 144 horas de incubação *in situ* sem o tratamento com detergentes (MS indigestível - MSi) apresentou resultados satisfatórios semelhantes ao da FDNi. Segundo Detmann et al. (2004), dentro do conhecimento atual, tanto a FDAi como a FDNi, parecem ser, em média, igualmente efetivas na estimativa das digestibilidades. Contudo, a FDNi pode apresentar vantagens em estudos de digestão mais elaborados por sua utilização no fracionamento de alimentos.

Em estudo para avaliar a efetividade dos indicadores cromo, CIA, CIDA e lignina para estimativa dos coeficientes de digestibilidade em bovinos em períodos de coleta de dois a sete dias em dietas contendo 30 e 50% de concentrado na MS total da ração, Oliveira et al. (1991) não encontraram efeito linear nem quadrático entre recuperação do cromo e o número de dias de amostragem acumulados (2 a 7).

Comparado à coleta total de fezes, o óxido crômico possibilitou estimar satisfatoriamente a digestibilidade de todos os nutrientes, não sendo observada diferença entre

eles, ou seja, os valores de recuperação do óxido crômico foram próximos a 100%. Resultado semelhante foi relatado por Ferret et al. (1999), que não encontraram diferenças entre a coleta total de fezes e sua estimativa pelo óxido crômico. O óxido crômico apresentou valores de recuperação fecal que não diferiram de 100%, exceto para o tratamento com feno de alfafa e 0,6 kg de concentrado.

Houve diferença entre as digestibilidades estimadas pela coleta total de fezes e pelo indicador interno FDAi, que subestimou todos os coeficientes de digestibilidade. Contudo, essa diferença entre a FDAi e a coleta total não comprometeu a utilização do indicador, visto que, para todas as digestibilidades, foi, em média, inferior a duas unidades percentuais e, possivelmente, só ocorreu em razão dos baixos coeficientes de variação. Uma vez que todas as médias de digestibilidade variaram da mesma forma, pode ter havido superestimativa da porcentagem de FDAi do alimento pela incubação *in situ*, o que ocasionou a diferença na digestibilidade. Saliba et al. (1999), comparando

a digestibilidade da MS obtida por coleta total e por diferentes indicadores, entre eles a FDAi e o óxido crômico, observaram diferença estatística entre todos os indicadores e a coleta total. Contudo, a média obtida com a FDAi foi a mais próxima do valor obtido pela coleta total (42,63 e 49,73), respectivamente, porém, como o CV foi baixo (9,2%), a diferença foi significativa. A utilização do cromo superestimou o valor de digestibilidade da MS (58,40% vs 48,28%, obtido pela coleta total de fezes).

Zeoula et al. (2002), comparando os indicadores internos CIA, CIDA, FDAi e FDNi à coleta total de fezes em cordeiros alimentados com níveis crescentes de milho (25, 50, 75 e 100% da MS) em substituição à farinha de varredura de mandioca, encontraram baixo valor de recuperação para a FDAi (89,76%), o que superestimou a produção fecal e, conseqüentemente, subestimou a digestibilidade da MS e MO.

Como demonstrado na Tabela 4, o aumento na oferta de concentrado resultou em maiores consumos ($P < 0,05$) de MS, MO, PB, EE, CNF e NDT e em menores consumos de FDN ($P < 0,05$). O mesmo foi observado por Paixão et al. (2006), exceto para os consumos de PB e FDN. Essas diferenças nos consumos de PB e FDN podem estar associadas ao pequeno número de animais utilizados e a erros na estimativa do consumo obtida com a fração indigestível do alimento (FDAi). Quando se aumenta o teor de concentrado, geralmente ocorre substituição da FDN pelos CNF (de elevada digestibilidade), o que possivelmente justifica a melhoria no consumo de MS e dos demais nutrientes.

Apenas os consumos de EE e CNF foram afetados ($P < 0,01$) pela fonte protéica. A diferença nesses consumos foi ocasionada pela maior participação do milho na dieta com uréia, haja vista as maiores porcentagens de CNF e EE desse ingrediente.

Os consumos de MS e FDN expressos em porcentagem do peso vivo não foram afetados pela fonte de proteína ($P > 0,05$), mas foram influenciados pelos níveis de concentrado ($P < 0,01$) e ($P < 0,05$), com médias de 2,05 e 0,96% PV para o menor e 2,36 e 0,90% PV, respectivamente, para o maior nível de concentrado.

As digestibilidades da MS e da MO aumentaram ($P < 0,01$) com a maior oferta de concentrado (Tabela 5), sendo obtidos valores de 62,82 e 66,17% de digestibilidade da MS e 65,08 e 68,31% de digestibilidade da MO nos níveis de 0,75 e 1,25% de concentrado. Paixão et al. (2006) encontraram valores semelhantes somente para as digestibilidades da MS (62,18 e 66,46%) e da MO (64,20 e 67,67%) nos níveis de concentrado descritos neste trabalho. A diferença nos valores de digestibilidade dos demais nutrientes pode ser atribuída ao consumo de MS total, que foi diferente nos dois experimentos. Resultado semelhante foi encontrado por Dias et al. (2000), que estudaram o efeito de cinco níveis de concentrado (25,0; 37,5; 50,0; 62,5 e 75,0%) sobre as digestibilidades dos nutrientes e observaram aumento linear na digestibilidade da MS e MO.

A redução na digestibilidade da FDN ($P < 0,05$) com o aumento do nível de concentrado possivelmente foi conse-

Tabela 4 - Médias, coeficientes de variação (CV) e significância obtidos para os consumos médios de nutrientes (MS, MO, PB, EE, FDN, CNF e NDT) de dietas formuladas com dois níveis de uréia (U) e concentrado (C)

Table 4 - Means, coefficient of variation (CV) and significance obtained for the nutrient (DM, OM, CP, EE, NDF, NFC and TDN) intakes of diets with two levels of urea (U) and concentrate (C)

Item	Uréia Urea		Concentrado (% PV) Concentrate (% BW)		CV (%)	Significância Significance		
	Com With	Sem Without	0,75	1,25		U U	C C	U x C U x C
Consumo (kg/dia) Intake (kg/dia)								
MS (DM)	9,95	10,13	9,44	10,65	3,45	ns	**	ns
MO (OM)	9,40	9,49	8,82	10,07	3,27	ns	**	ns
PB (CP)	1,40	1,41	1,38	1,44	2,79	ns	*	ns
EE (EE)	0,22	0,18	0,17	0,24	4,97	**	**	ns
FDN (NDF)	4,17	4,30	4,43	4,03	5,81	ns	*	ns
CNF (NFC)	4,02	3,60	3,06	4,56	2,62	**	**	ns
NDT (TDN)	6,45	6,71	5,96	7,20	4,30	ns	**	ns
Consumo (%PV) Intake (%BW)								
MS (DM)	2,18	2,23	2,05	2,36	3,21	ns	**	ns
FDN (NDF)	0,92	0,94	0,96	0,90	5,59	ns	*	ns

* e ** Significativo ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$), respectivamente, pelo teste F. ns – não-significativo.

*and ** Significant at ($P < 0.05$) and ($P < 0.01$), respectively, by F test. ns – not significant.

Tabela 5 - Médias, coeficientes de variação (C) e significância obtidas para os coeficientes de digestibilidade total e digestibilidade ruminal dos nutrientes (MS, MO, PB, EE, FDN, CNF e NDT) de dietas formuladas com dois níveis de uréia (U) e concentrado (C)
 Table 5 - Means, coefficient of variation (CV) and significance obtained for the coefficients of total tract digestibility and ruminal digestibility of nutrients (DM, OM, CP, EE, NDF, NFC and TDN) of diets with two levels of urea (U) and concentrate (C)

Item	Uréia <i>Urea</i>		Concentrado (% PV) <i>Concentrate (% BW)</i>		CV (%)	Significância <i>Significance</i>		
	Com <i>With</i>	Sem <i>Without</i>	0,75	1,25		U <i>U</i>	C <i>C</i>	U x C <i>U x C</i>
Digestibilidade total <i>Total tract digestibility</i>								
MS (DM)	64,83	64,16	62,82	66,17	2,35	ns	**	ns
MO (OM)	66,98	66,41	65,08	68,31	2,17	ns	**	ns
PB (CP)	76,20	74,81	77,57	73,40	2,60	ns	*	ns
EE (EE)	80,68	75,03	76,82	78,88	6,17	ns	ns	ns
FDN (NDF)	47,76	48,45	49,76	46,45	5,09	ns	*	ns
CNF (NFC)	86,54	83,90	83,31	87,12	2,23	*	**	ns
NDT (TDN)	64,56	65,87	62,92	67,51	2,37	ns	**	ns
Digestibilidade ruminal <i>Ruminal digestibility</i>								
MS ¹ (DM)	66,87	67,83	70,40	64,30	13,77	ns	ns	ns
MO ¹ (OM)	74,91	74,54	78,78	70,67	13,07	ns	ns	ns
PB ² (CP)	15,89	21,54	22,49	14,94	65,64	ns	ns	ns
EE ² (EE)	-21,44	-24,08	-26,66	-18,86	-97,82	ns	ns	ns
FDN ¹ (NDF)	96,76	75,85	85,03	87,58	30,95	ns	ns	ns
CNF ¹ (NFC)	72,08	74,84	78,58	68,34	8,60	ns	*	ns
MS ¹ (DM)	66,87	67,83	70,40	64,30	13,77	ns	ns	ns

* e ** Significativo (P<0,05) e (P<0,01), respectivamente, pelo teste F. ns – não-significativo (Significant at P<0.05 and P<0.01, respectively, by F test. ns – not significant).

¹ % do total digestível (% of total tract digestibility).

² % do ingerido (% of intake).

quência da diminuição no pH ruminal para a dieta com menor teor de fibra.

O aumento na digestibilidade dos CNF com o aumento na oferta de concentrado pode ter sido consequência da maior quantidade de milho (rico em CNF) consumido. Somente a digestibilidade aparente dos CNF foi influenciada (P<0,05) pela fonte protéica, sendo maior na presença de uréia, o que pode ser resultado do aumento da proporção de milho nas dietas com uréia.

As digestibilidades ruminais da MS e MO foram em média 67,35 e 74,72, valores próximos aos observados por Rennó (2003) e Souza et al. (2002). A digestão ruminal da proteína foi em média 18,64% e indica que houve perda de amônia ruminal em todas as dietas. Entretanto, com o aumento do teor de concentrado, houve redução numérica na perda de proteína no rúmen (22,49 vs 14,94%) como resultado da maior disponibilidade ruminal de energia da dieta mais rica em concentrado.

Não houve efeito de fonte protéica sobre a digestibilidade ruminal da FDN, contudo, na presença de uréia, a digestibilidade da FDN foi 22% maior, fato possivelmente explicado pela manutenção do pH, que foi mais efetiva neste tratamento e possibilitou condições mais propícias aos microrganismos que digerem a porção fibrosa dos alimentos.

Zinn et al. (2003) forneceram níveis crescentes de uréia para bovinos em terminação (0; 0,4; 0,8 e 1,2%) e observaram aumento linear na digestibilidade ruminal do amido, mas não notaram efeito sobre as digestibilidades ruminais da MO e da FDN. Esses autores sugeriram que o aumento da digestibilidade ruminal do amido decorreu do poder alcalinizante da uréia, que, quando hidrolisada no rúmen, forma carbonato de amônia. Portanto, a uréia funcionou como tampão e propiciou oscilações menores nos valores de pH ruminal. Ressalta-se que as dietas experimentais continham níveis crescentes de PB (10,5; 11,5; 12,5 e 13,5%).

A redução da digestibilidade ruminal dos CNF com o aumento dos níveis de concentrado pode ter decorrido do maior consumo desse nutriente, o que pode ter resultado em maior taxa de passagem, coerente com o maior consumo de MS.

Em estudo com novilhos alimentados com 50% de feno e submetidos a infusão contínua com uréia (0,4 ou 1,2% da MS da ração), Firkins et al. (1987) verificaram que os coeficientes de digestibilidade ruminal da MO (69,90%) e da FDN (90,75%) não foram influenciados pelos níveis de uréia.

Na Tabela 6 são descritos os valores de pH e N-amoniaco. Tanto o pH quanto o N-amoniaco foram afetados pelos níveis de concentrado e pela fonte protéica (P<0,05). Observou-se menor pH ruminal (6,04 e 6,40) para

Tabela 6 - Médias, coeficientes de variação (CV) e significância obtidas para o pH e as concentrações de amônia do líquido ruminal (mg de N/100 mL de líquido ruminal) para dietas formuladas com dois teores de uréia (U) e de concentrado (C)

Table 6 - Means, coefficient of variation (CV) and significance obtained for ruminal pH and ruminal ammonia concentration of diets with two levels of urea (U) and concentrate (C)

Item	Uréia Urea		Concentrado (% PV) Concentrate (% BW)		CV (%)	Significância Significance		
	Com With	Sem Without	0,75	1,25		U U	C C	U x C U x C
pH	6,35	6,10	6,40	6,04	2,54	*	**	ns
N-NH ₃	39,15	21,40	32,81	27,74	10,84	**	*	ns

o maior nível de concentrado, o que era esperado, pois, com a maior disponibilidade de energia no rúmen, houve aumento na produção de ácidos graxos voláteis e redução no pH ruminal. A presença de uréia resultou em aumento ($P < 0,05$) no pH ruminal (6,10 x 6,35).

Church (1979) observou que ruminantes alimentados com dietas à base de volumoso mantinham o pH ruminal entre 6,2 e 6,8, ao passo que, naqueles que consumiram concentrado, o pH foi de 5,8 a 6,6. Mould et al. (1983) demonstraram que o efeito do pH é bifásico; na primeira fase, o pH pode reduzir de 6,8 para 6,0 provocando redução na digestão da porção fibrosa do alimento. Depois de o pH ruminal alcançar valores de 6,0, inicia-se a segunda fase, na qual pode ocorrer uma parada na digestão, decorrente da sensibilidade das bactérias fibrolíticas neste nível de acidez.

A concentração de amônia ruminal foi reduzida ($P < 0,01$) com o aumento da oferta de concentrado (32,81 x 27,74). Esse resultado era esperado, pois a maior disponibilidade de energia no rúmen tende a aumentar a eficiência de utilização da amônia para o crescimento microbiano. A substituição do farelo de soja pela uréia resultou em aumento ($P < 0,01$) na concentração ruminal de amônia, possivelmente com excesso, em relação à energia disponível.

Os valores de N-amoniaco para todas as dietas (39,15 mg de N/100 mL com uréia e 21,40 mg de N/100 mL sem uréia) foram maiores que os 5 mg de N/100 mL de líquido ruminal, nível mínimo necessário para manter as funções normais do rúmen (Satter & Slyter, 1974).

A taxa de produção de amônia reflete a solubilidade e a fermentabilidade da dieta, bem como a produção endógena de compostos nitrogenados. Uma vez que a hidrólise da uréia é mais rápida que a capacidade de assimilação de amônia pelos microrganismos ruminantes (Coelho da Silva & Leão, 1979), espera-se que a concentração de N-NH₃ ruminal aumente com a inclusão de compostos nitrogenados mais degradáveis, como a uréia.

Os dados obtidos neste estudo explicam o maior ganho de peso observado por Paixão et al. (2006) nos animais que

receberam maior proporção de concentrado na dieta. Esses autores observaram ganhos de 1,01 e 1,34 nos animais que receberam concentrado nos níveis de 0,75 e 1,25% do PV, respectivamente.

Conclusões

Os indicadores foram eficientes na estimativa da digestibilidade dos nutrientes, embora essa digestibilidade tenha sido subestimada pela FDAi.

As recomendações tradicionais de coletas de fezes durante cinco dias não se aplicam a todos os experimentos de digestibilidade.

A substituição total de proteína de soja pela uréia não interferiu nos consumos e nas digestibilidades dos nutrientes. A utilização de uréia aumenta o pH e as concentrações de amônia do fluido ruminal.

Literatura Citada

- BARCELLS, J.; GUADA, J.A.; CASTRILLO, C. et al. Ruminal digestion and urinary excretion of purine derivatives in responses to urea supplementation of sodium-treated straw fed to sheep. **British Journal of Nutrition**, v.69, p.721-732, 1993.
- BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P.; FURLAN, C.L. Avaliação de indicadores interno em ensaios de digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.830-833, 2000.
- BURNS, J.C.; POND, K.R.; FISHER, D.S. Measurement of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.). **Forage quality evaluation, and utilization**. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1994. p.494-532.
- CHURCH, D.C. **Digestive physiology and nutrition of ruminant**. 3.ed. Oxford: Oxford Press Inc., 1979. 350p.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição de ruminantes**. Piracicaba: Livrocere, 1979. 380p.
- CRAIG, W.M.; HONG, B.J.; BRODERICK, G.A. et al. *In vitro* inoculum enriched with particle associated microorganisms for determining rates of fiber digestion and protein degradation. **Journal of Dairy Science**, v.50, n.4, p.523-526, 1984.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1600-1609, 2001a.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F. et al. Avaliação da técnica de indicadores na estimação do consumo

- por ruminantes em pastejo. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, n.46, p.40-57, 2004.
- DIAS, H.L.C.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. et al. Eficiência de síntese microbiana, pH e concentrações ruminais de amônia, em novilhos F1 Limousin x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.555-563, 2000.
- FERRET, A.; PLAIXATS, J.; CAJA, G. et al. Using markers to estimate dry matter digestibility, faecal output and dry matter intake in dairy ewes fed Italian ryegrass hay or alfalfa hay. **Small Ruminant Research**, v.33, n.2, p.145-152, 1999.
- FIRKINS, J.L.; LEWIS, S.M.; MONTGOMERY, L. et al. Effects of feed intake and dietary urea concentration on ruminal dilution rate and efficiency of bacterial growth in steers. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.2312-2321, 1987.
- HALL, M.B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**. Gainesville: University of Florida, 2000. p.A-25 (Bulletin, 339).
- HOPPER, J.T.; HOLLOWAY, J.W.; BUTTS, J.R. et al. Animal variation in chromium sesquioxide excretion patterns of grazing cows. **Journal of Animal Science**, v.46, n.4, p.1098-1102, 1978.
- KIMURA, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Journal Biochem Physiol**, v.37, p.911-917, 1959.
- LEÃO, M.I.; COELHO DA SILVA, J.F. Técnicas de fistulação de abomaso em bezerros. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 17., 1980, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1980. p.37.
- MERCHEN, N.R.; ELIZALDE, J.C.; DRACKLEY, J.K. Current perspective on assessing site of digestion in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.75, p.2223-2234, 1997.
- MOULD, F.L.; ORSKOV, E.R.; MANN, S.O. Associative effects of mixed feeds. 2. The effect of dietary additions of bicarbonate salts on the voluntary intake and digestibility of diets containing various proportions of hay and barley. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, p.15-25, 1983.
- OLIVEIRA, R.F.M.; FONTES, C.A.A.; SILVA, J.F.C. Estudo da recuperação fecal do Cr₂O₃ e dos indicadores internos CIA, CIDA e lignina em períodos de coleta de dois a sete dias, em bovinos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.20, n.5, p.522-531, 1991.
- PAIXÃO, M.P.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I. et al. Uréia em dietas para bovinos: consumo, digestibilidade aparente, ganho de peso, característica da carcaça e produção microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2451-2460, 2006.
- PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.1063-1073, 1993.
- PEREIRA, J.C.; GARCIA, J.A.; ESCUDER, C.J. Estudos da digestão em bovinos fistulados, alimentados com rações tratadas com formaldeído e contendo óleo. I. Influência dos períodos de coleta nas estimativas do fluxo e da excreção da matéria seca. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.12, n.3, p.399-428, 1983.
- PRIGGE, E.C.; VARGA, G.A.; VICINI, J.L. et al. Comparison of ytterbium chloride and chromium sesquioxide as fecal indicators. **Journal of Animal Science**, v.53, n.6, p.1629-1633, 1981.
- RENNÓ, L.N. **Consumo, digestibilidade, total e parcial, produção microbiana, parâmetros ruminais e excreções de uréia e creatinina em novilhos alimentados com dietas contendo quatro níveis de uréia ou dois níveis de proteína**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 252p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3551-3561, 1992.
- SALIBA, E.O.S.; RODRIGUES, N.M.; GOLÇALVES, L.C. Estudo comparativo da lignina isolada da palha de milho, com outros indicadores em ensaio de digestibilidade aparente. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. p.293.
- SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British Journal of Nutrition**, v.32, p.199-209, 1974.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos** (Métodos químicos e biológicos). Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.
- SOUZA, V.G.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo e desempenho de bovinos de corte recebendo dietas com diferentes níveis de uréia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. (CD-ROM).
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG – Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Viçosa, MG: 2000. (Apostila).
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.
- VIEIRA, P.F. **Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídios em rações para ruminantes**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1980. 98p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1980.
- ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N.; DIAN, P.H.M. et al. Recuperação fecal de indicadores internos avaliados em ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1865-1874, 2002.
- ZINN, R.A.; BARRAIS, R.; MONTAO, M. et al. Influence of dietary urea level on digestive function and growth performance of cattle fed steam-flaked baley-based finishing diets. **Journal of Animal Science**, v.81, p.2383-2389, 2003.

Recebido: 30/05/05
Aprovado: 28/11/06