

Uso de indicadores na determinação da digestibilidade parcial e total em bovinos

Lúcia Maria Zeoula*, Marcos Paulo Kassies, Fábio Luiz Fregadolli, Ivanor Nunes do Prado, Antônio Ferriani Branco, Saul Ferreira de Caldas Neto e Augusto Ortega Dalponte

Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-Paraná, Brazil.
*Author for correspondence.

RESUMO. Este trabalho teve por objetivo avaliar indicadores, externos e internos, nos estudos de digestibilidade parcial e total em bovinos. Como indicador externo, foi utilizado o óxido crômico (Cr_2O_3) e, como indicadores internos, a cinza insolúvel em ácido (CIA) e a fibra em detergente neutro indigestível (FDNI). As rações fornecidas aos animais continham, em média, 13,67% de PB, com 50% concentrado e 50% de volumoso. Foram utilizados quatro novilhos, da raça holandesa, portadores de cânulas no rúmen e no duodeno e com peso vivo médio de 320 kg, para estudar os fluxos de matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO) no duodeno e nas fezes e três vacas fistuladas no rúmen. Para comparar os indicadores, as médias de fluxos de MS e de MO foram estimadas utilizando-se o intervalo de confiança. Também foi utilizado o coeficiente de variação para determinar a precisão das estimativas das médias. Nas condições do presente trabalho, verificou-se que o Cr_2O_3 foi o indicador que apresentou menor variação na estimativa das médias de fluxo em relação à CIA e à FDNI.

Palavras-chave: cinza insolúvel em ácido, digestibilidade, fibra em detergente neutro indigestível, óxido crômico.

ABSTRACT. Use of markers for estimation of feed digestibility in cattle. The objective of this work was to evaluate external and internal markers in studies of partial and total digestibility in cattle. Chromic oxide (Cr_2O_3) was used as external marker and acid-insoluble ash (AIA) and indigestible neutral detergent fibre (INDF) as internal markers. The animals were fed a diet 13.7% crude protein (CP), with 50% concentrate and 50% forage. Four Holstein steers with 320 kg average body weight implanted with ruminal and duodenal cannulas, and three cows with ruminal cannula for INDF determination were used. The experiment was carried to study duodenal and faecal dry matter (DM) and organic matter (OM) flows estimated by markers. To compare markers, the averages for DM and OM flow were estimated using the trust interval, and the coefficient of variation of average estimation. Under the conditions of the present work it was concluded that chromic oxide presented higher precision than AIA and INDF for estimation of DM and OM flows.

Key words: acid-insoluble ash, digestibility, indigestible neutral-detergent fibre, chromic oxide

A avaliação do valor nutritivo dos alimentos consumidos pelos animais em condições de pastejo ou confinados tem sido um desafio para os nutricionistas. O método convencional, com coleta total de fezes, é trabalhoso e, em determinadas circunstâncias, é impossível de ser realizado. Enfatizando-se também a necessidade de se conhecer o valor nutritivo dos alimentos, cuja principal avaliação é a determinação da

digestibilidade total e parcial dos nutrientes, houve necessidade do desenvolvimento do método indireto dos indicadores, sendo, atualmente, o método mais utilizado para se obter a digestibilidade de um alimento ou de um nutriente e a sua taxa de passagem (Oliveira *et al.*, 1991).

Segundo Merchen (1993), nenhuma das substâncias utilizadas como indicador preenche todas as características ideais, mas várias são

suficientemente adequadas para fornecer dados significativos. Por essa razão, a procura de indicadores ideais constitui um dos assuntos de grande interesse na busca de técnicas que facilitem os estudos de nutrição animal.

Dentre os indicadores externos, o óxido crômico (Cr_2O_3) é o mais utilizado. Segundo Zeoula (1990), vários trabalhos feitos sobre o uso de Cr_2O_3 como indicador, para estimar a produção fecal e o consumo, mostram resultados variáveis.

Lima *et al.* (1980) observaram maior excreção do Cr_2O_3 , nas fezes de novilhas sob pastejo, pela manhã e maior variação da excreção durante a estação seca. Entretanto, com base nas estimativas de matéria seca e matéria orgânica fecais, concluíram que o Cr_2O_3 pode ser recomendado para se estimar a excreção fecal dos animais em condições de pastejo.

Viana (1959), citado por Pereira (1983), e Smith e Reid (1995) obtiveram bons resultados, utilizando Cr_2O_3 como indicador, com média de recuperação fecal de 100,9% e 99,7% respectivamente, em relação à coleta total de fezes, em amostras combinando colheita em dois horários por dia. Contudo, Smith e Reid (1995) concluíram que a variação da concentração do indicador é alta no decorrer do dia.

Alguns autores obtiveram resultados menos satisfatórios ao utilizarem o Cr_2O_3 . Valadares Filho (1989), revisando a literatura, encontrou valores médios de recuperação de Cr_2O_3 de $77,2 \pm 12,4\%$ e de $81,4 \pm 12,4\%$ nas digestas do duodeno e no íleo, respectivamente. McCarthy *et al.* (1977), citado por Zeoula *et al.* (1992), obtiveram recuperações médias de Cr_2O_3 de 75% nas fezes e citaram outros pesquisadores que verificaram recuperações de Cr_2O_3 nas fezes entre 75% e 87%. A baixa recuperação de Cr_2O_3 leva a uma superestimativa nos fluxos de MS.

Zeoula *et al.* (1992b), comparando quatro indicadores em bovinos: Cr_2O_3 , cinza insolúvel em ácido (CIA), CIA fecal e celulose presente no íleo, para estimar o fluxo de matéria seca abomasal e fecal, observaram que o indicador externo Cr_2O_3 foi o que apresentou menor variação e maior precisão experimental: porém, para o fluxo de matéria orgânica ileal, a maior precisão foi obtida pela CIA.

A cinza insolúvel em ácido (CIA) tem mostrado resultados positivos quando usada como indicador, cumprindo as principais características de um indicador ideal. Porém, resultados não aceitáveis podem ser obtidos em caso de baixa concentração de CIA na ração ou em casos de contaminação por areia, que constitui uma interferência de difícil eliminação, bem como o uso simultâneo de indicadores externos pode comprometer o uso da CIA como indicador (Piaggio *et al.*, 1991).

Segundo Thonney *et al.* (1979), uma dieta que apresentasse mais que 0,75% de CIA na ração já teria resultado seguro. Entretanto, Carvalho *et al.* (1992) recomendaram um nível superior a 3% de CIA na MS da ração, para que não haja diferença na estimativa da digestibilidade em relação ao método direto.

Por outro lado, Oliveira *et al.* (1992) verificaram que a CIA mostrou-se imprópria para estimar a digestibilidade em função de sua baixa recuperação (média de recuperação de 90%), quando comparada ao Cr_2O_3 e à cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA).

Carvalho *et al.* (1992) obtiveram valores de recuperação de CIA que variavam de 86,3% a 114,6% com valores médios não diferentes de 100% pelo teste de Tukey. Por conseguinte, os valores de digestibilidade dos nutrientes não foram diferentes daqueles obtidos pelo método convencional de coleta total, confirmando a CIA como um indicador adequado e, também, com potencial para estudos de digestibilidade com ruminantes alimentados *ad libitum*.

Zeoula *et al.* (1994), utilizando carneiros em regime de consumo voluntário e restrito, avaliaram o Cr_2O_3 , a CIA, a CIDA e a lignina como indicadores, observaram que o nível de consumo interferiu na recuperação dos indicadores, sendo que, para CIA, CIDA e Cr_2O_3 , os melhores resultados foram observados quando os animais estavam em consumo restrito.

Fontes *et al.* (1996), avaliando o Cr_2O_3 , a cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA) e a cinza insolúvel em ácido (CIA), comparados ao sistema de coleta total de fezes em dietas com 30% e 50% de concentrado, fornecidas a animais em consumo voluntário, e fazendo-se coletas de fezes às 9 e às 15 horas, durante 7 dias consecutivos, observaram que a média dos valores obtidos não diferiu de 100%, pelo teste de Tukey, possibilitando estimativas confiáveis de digestibilidade total.

Lippke *et al.* (1986) afirmaram que a fibra indigestível, sendo adequadamente medida, poderia ser um indicador interno útil para estimar a digestibilidade em experimentos de pastagens. Como o teor de CIA nas rações geralmente é baixo, ocorre um aumento no desvio-padrão; esse erro-padrão pode ser reduzido se um componente indigestível de maior porcentagem na MS puder ser encontrado e, segundo Van Soest (1994), a fibra em detergente neutro indigestível (FDNI) tem sido utilizada com esse propósito.

Piaggio *et al.* (1991) obtiveram bons resultados de recuperação fecal, utilizando fibra em detergente

ácido indigestível (FDAI) como indicador, variando de 92,2% a 104,3%. Ainda Piaggio *et al.* (1991) avaliaram a FDAI, em comparação com a lignina em detergente ácido (LDA), e a CIA, e concluíram que a CIA não teve comportamento aceitável como indicador de digestibilidade, e a FDAI e a LDA constituíram indicadores internos promissores e justificaram esforços para um maior aprofundamento nas pesquisas. Os referidos autores concluíram que recuperações inferiores a 100% ocorreram devido à variação associada à digestão *in situ*, como, por exemplo, o tamanho do poro da bolsa de náilon utilizado, por onde ocorrem possíveis perdas de fezes, durante a incubação no rúmen.

Lippke *et al.* (1986) confirmaram que a variação na recuperação de FDNI é causada por variações no tamanho das partículas dos substratos fermentados e cuidados devem ser tomados para uniformizar o tamanho da partícula do substrato para fermentações *in vitro*.

A recuperação fecal da FDNI *in vitro* é variável de acordo com o alimento utilizado e isso é comprovado por Cochran *et al.* (1986), que também verificaram uma variação na digestão desses componentes de acordo com os alimentos utilizados. Segundo estes autores, a aplicabilidade da FDNI *in vitro*, como indicador interno para animais consumindo dietas com forragens, deve ser melhor estudada, pois a comparação da digestibilidade da MS *in vivo* estimada por FDNI *in vitro* foi altamente variável.

Saliba *et al.* (1999), comparando a coleta total das fezes com a FDAI, a lignina e o Cr₂O₃, observaram valores de recuperação fecal da FDAI de 114,1%, comparado a coleta total, subestimando a digestibilidade aparente total das rações.

Este trabalho teve por objetivo comparar indicadores externo (óxido crômico) e interno (cinzas insolúveis em ácido e fibra em detergente neutro indigestível) nas estimativas de fluxos de matéria seca e matéria orgânica duodenal e fecal, em ruminantes.

Material e métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI) e no Laboratório de Nutrição Animal, ambos pertencentes à Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Foram utilizados quatro novilhos, da raça Holandesa, com média de peso vivo de 320 kg, portadores de cânulas no rúmen e no duodeno, para estimar os fluxos de matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO) duodenal e fecal das rações experimentais.

O volumoso utilizado foi a silagem de milho e os concentrados foram formulados com diferentes fontes de carboidratos e nitrogênio, sendo as fontes de carboidratos: milho e casca de mandioca desidratada e as fontes de proteína: levedura, farelo de algodão e farinha de carne e ossos. Os animais receberam diariamente 50g de sal mineral.

A composição bromatológica dos alimentos utilizados encontram-se na Tabela 1 e as composições percentual e bromatológica das rações estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 1. Composição bromatológica dos alimentos utilizados nas rações experimentais

Alimentos	MS	PB	FDN	FDNI	Cinzas	CIA
	%					
Milho	89,00	9,60	12,09	-	1,28	0,03
Casca de mandioca	88,24	3,37	28,63	18,17	4,00	1,78
Levedura	94,00	40,28	-	-	3,32	0,92
Farelo de algodão	90,00	31,44	51,15	25,01	4,03	0,08
F. de carne e ossos	93,00	39,07	-	20,95	35,77	0,51
Silagem de milho ¹	28,06	4,35	60,55	22,23	5,65	2,99
Silagem de milho ²	29,53	7,16	51,51	22,23	3,83	2,99
Silagem de milho ³	29,60	5,96	56,81	22,23	4,29	2,99
Silagem de milho ⁴	29,58	6,72	54,63	22,23	3,79	2,99
Mínerais	98,71	-	-	-	100,00	1,39
Cr ₂ O ₃	99,38	-	-	-	100,00	99,80

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: Fibra em detergente neutro; FDNI: Fibra em detergente neutro indigestível; CIA: cinza insolúvel em ácido. Dados obtidos no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual de Maringá; Silagem de milho referente aos períodos 1, 2, 3 e 4

Tabela 2. Composições percentual e bromatológica das rações experimentais

Alimentos	MLV	MFA	CMLV	CMFA
Milho	33,65	24,04	-	-
Levedura	16,35	-	18,15	-
Casca de mandioca	-	-	31,85	22,12
Farelo de algodão	-	20,91	-	22,84
Far. De carne e ossos	-	5,00	-	5,00
Silagem de milho	50,00	50,00	50,00	50,00
MS (%)	47,05	47,27	47,06	47,27
PB (%)	12,69	13,36	10,88	12,38
CIA (%)	1,28	1,12	1,84	1,55
FDNI (%)	11,02	17,49	16,78	21,70

MLV: milho e levedura; MFA: milho, farinha de carne e ossos e farelo de algodão; CMLV: casca de mandioca e levedura; CMFA: casca de mandioca, farinha de carne e ossos e farelo de algodão; MS: matéria seca; PB: proteína bruta; CIA: cinzas insolúveis em ácido; FDNI: fibra em detergente neutro indigestível

A quantidade de ração total misturada (50% de silagem de milho + 50% de concentrado) fornecida aos animais correspondeu a 2% do peso vivo, sendo fornecida duas vezes ao dia, às 8 horas e às 16 horas.

Cada período experimental teve a duração de 20 dias, sendo 16 dias para adaptação dos animais à ração e 4 dias de coleta.

Durante quatro dias do período de coleta, foram amostrados três vezes ao dia cerca de 200ml de digesta duodenal e 100g de fezes, com intervalo de 8 horas e um incremento de 2 horas entre dias consecutivos, num total de 12 amostras por animal

por ração. As amostras de digesta duodenal foram divididas em partes iguais e armazenadas em dois sacos plásticos e congeladas a -20°C , juntamente com as amostras de fezes até o momento de serem preparadas para análises químicas subsequentes.

Após o final de cada período de coleta, as amostras de digesta duodenal e de fezes foram secas em estufa a 55°C , por 96 horas. As amostras de digesta de um dos sacos plásticos, para cada horário de coleta, a serem utilizadas na avaliação da FDNI, foram desintegradas manualmente e peneiradas em peneiras com crivo de 4mm. Em seguida, foram misturadas em quantidades iguais, para formarem amostras compostas de digesta por animal e para cada ração, para posterior incubação no rúmen e análise da FDNI. As amostras de digestas presentes no outro saco plástico, depois de secas, foram moídas em moinho de bola e misturadas em quantidades iguais, para formarem amostras compostas de digesta por animal e para cada ração, para posterior análise de CIA e de Cr_2O_3 .

As fezes secas, utilizadas na determinação da FDNI, foram moídas três vezes num moinho de facas sem peneira, individualmente, seguindo o mesmo procedimento utilizado para as amostras de digesta duodenal.

O cuidado na moagem da digesta e das fezes foi observado com o objetivo de não haver perda pelos poros dos sacos de náilon, quando da incubação *in situ*.

O Cr_2O_3 foi utilizado como indicador externo, embrulhado em papel de pão, e colocado através da cânula diretamente no rúmen, no momento da alimentação, durante todo o período experimental. A quantidade utilizada foi de 5g de Cr_2O_3 a cada fornecimento de ração, ou seja, 10g por dia.

A FDNI foi determinada pela extração em detergente neutro nas amostras de alimentos, fezes e digesta, depois de 192 horas de incubação *in situ*, em 3 vacas holandesas, com peso médio de 550kg, portadoras de cânula de rúmen. Os sacos de náilon utilizados apresentavam poros com $53\ \mu\text{m}$ de espessura, e continham 20mg de amostra seca / cm^2 de superfície.

Os fluxos diários de MS no duodeno e fezes foram estimados pelos indicadores, conforme Coelho da Silva e Leão (1979), e expressos em função da quantidade ingerida.

A concentração de Cr_2O_3 nas amostras de fezes e digesta duodenal foi determinada por espectrofotometria de absorção atômica, conforme técnica descrita por Kimura e Miller (1957). A concentração de CIA foi determinada segundo metodologia descrita por Van Keulen e Young

(1977) e a concentração de FDN conforme Silva (1990), no resíduo proveniente da incubação *in situ*.

O delineamento experimental foi quadrado latino 4x4, sendo 4 animais e 4 tratamentos. Os dados de fluxo duodenal e fecal, para MS e MO, foram submetidos à análise de variância (Anova), utilizando o programa Saeg. As médias dos fluxos de matéria seca e matéria orgânica foram estimadas utilizando o intervalo de confiança. Para determinar a precisão das estimativas das médias, foi também utilizado o coeficiente de variação.

Resultados e discussão

Não foi observada variação nos fluxos de MS e MO entre as rações experimentais em virtude do indicador utilizado, portanto esses foram estimados considerando apenas a variação entre indicadores independente da ração. Os fluxos de matéria seca (MS) no trato gastrointestinal, estimados pelo Cr_2O_3 , pela CIA e pela FDNI, encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Intervalos de confiança (IC), para a média dos dados de fluxos de matéria seca (% do total ingerido), estimados pelo óxido crômico (Cr_2O_3), pela cinza insolúvel em ácido (CIA), e pela fibra em detergente neutro indigestível (FDNI), e os coeficientes de variação (CV)

Fluxo de MS	Cr_2O_3		CIA		FDNI	
	IC ¹	CV ²	IC	CV	IC	CV
Duodenal	67,75±3,08	8,54	36,75±2,62	10,62	79,94±9,42	22,12
Fecal	40,63±2,61	12,04	30,11±5,04	31,40	54,99±3,82	13,04

¹IC: Intervalo de confiança (%); ²CV: Coeficiente de variação (%)

Comparando as médias dos fluxos de MS duodenal, observa-se menor variação para os fluxos estimados pela CIA ($36,75 \pm 2,62\%$) e pelo Cr_2O_3 ($67,75 \pm 3,08\%$) e maior variação quando estimada pela FDNI ($79,94 \pm 9,42\%$), como demonstrados pelos intervalos de confiança.

Quando os fluxos de MS são subestimados, os valores de digestibilidade serão superestimados, e o contrário é verdadeiro. Desse modo, os valores obtidos para a digestão da MS no rúmen, foram 54,3% para Cr_2O_3 , 90,5% para CIA e 44,5% para FDNI (dados expressos como % do total digerido no trato gastrointestinal). Entre os dados observados para digestão ruminal da MS, os estimados com Cr_2O_3 estão mais condizentes com aqueles verificados na literatura, para rações com 50% de concentrado e 50% de silagem de milho. Rabello et al. (1996) obtiveram, para vacas em lactação, valores de digestão ruminal da MS variando de 65,3% a 67,0%, estimado pelo Cr_2O_3 , e Caldas Neto (1999), utilizando a CIA como indicador, também observou valores de digestão ruminal da MS que variaram de 58,5% a 66,4%, para bovinos da raça Holandesa.

Zeoula *et al.* (1990) verificaram para rações com 50% de concentrado e 50% de feno de capim gordura + palha de arroz, fornecido para bovinos da raça Holandesa, utilizando a CIA como indicador, valores de digestão ruminal de 52,5% a 66,9% (% do total digerido no trato digestivo). Com exceção do dados obtidos por Rabello *et al.* (1996), os demais foram obtidos com animais em regime de consumo restrito.

Portanto, podemos concluir que os fluxos de MS estimados pela CIA foram subestimados e pela FDNI superestimados. A baixa concentração da CIA obtida na digesta duodenal provavelmente foi decorrente do teor de CIA presente na dieta. Por outro lado, verificou-se alta concentração de FDNI nas amostras de digesta que resultaram na superestimava do fluxo de MS e, conseqüentemente, baixa digestibilidade ruminal.

O coeficiente de variação (CV) dos dados estimados pelo Cr_2O_3 foi o menor (8,54%), seguido pela CIA (10,62%) e pela FDNI (22,12%), mostrando menor variação experimental para as médias estimadas pelo Cr_2O_3 .

Comparando-se as médias do fluxo de MS fecal (% do total ingerido), obtidas pelos três métodos, pode-se notar que a menor variação em relação à média foi observada para o fluxo de MS fecal estimado pelo Cr_2O_3 ($40,63 \pm 2,61\%$), seguida pela FDNI ($54,99 \pm 3,82\%$) e pela CIA ($30,11 \pm 5,04\%$). Verificou-se menor variação no fluxo de matéria seca fecal em relação ao fluxo de matéria seca duodenal, quando estimadas pelo Cr_2O_3 e pela FDNI e maior, quando estimado pela CIA.

Os coeficientes de digestibilidade total obtidos para Cr_2O_3 , CIA e FDNI foram, respectivamente, 59,4%, 69,9% e 45,0%. Os valores médios do Cr_2O_3 estão mais condizentes com aqueles reportados na literatura, para rações com 50% de concentrado e 50% de silagem de milho, de 61,9% (Rabello *et al.*, 1996) e 63,7% (Caldas Neto, 1999), para a digestibilidade total da MS. Para rações com 50% de concentrado + 50% de feno de brachiária + milho desintegrado com palha e sabugo, foram observados coeficientes de digestibilidade total da MS de 61,8% para novilhos (Oliveira *et al.*, 1991), de 57,1% para novilhos 5/8 Holandês/Zebu, com coleta total de fezes (Fontes *et al.*, 1996) e média de 61,4% para zebuínos, taurinos e bubalinos (Rodrigues *et al.*, 1997). Portanto, entre os valores médios observados no presente trabalho, os dados estimados pelo Cr_2O_3 estão dentro da variação observada na literatura.

Menor variação experimental também foi observada para os dados estimados pelo Cr_2O_3 , cujo CV (12,04%) foi o menor que aqueles obtidos para o

FDNI (13,04%) e para CIA (31,40%). A maior variação constatada para este último indicador pode ser conseqüência dos baixos teores de CIA nas rações experimentais. Devido à menor concentração de CIA nos alimentos e conseqüentemente na digesta e nas fezes, ocorre um aumento no desvio-padrão e, por conseguinte, no coeficiente de variação.

Os fluxos de matéria orgânica (MO) no trato gastrointestinal, estimados pelo Cr_2O_3 , pela CIA, e pelo FDNI encontram-se na Tabela 4.

Comparando-se as médias dos fluxos de MO duodenal, notou-se menor variação em relação à média, estimada pelo intervalo de confiança (IC) para a CIA de $32,74 \pm 2,75\%$, seguida pelo Cr_2O_3 de $60,04 \pm 3,16\%$ e maior variação para o FDNI de $71,69 \pm 10,28\%$. Observou-se o mesmo comportamento nos resultados de fluxo de MO e de MS.

Tabela 4. Intervalos de confiança (IC) para a média dos dados de fluxos de matéria orgânica (% do total ingerido), estimados pelo óxido crômico (Cr_2O_3), pela cinza insolúvel em ácido (CIA) e pela fibra em detergente neutro indigestível (FDNI), e os coeficientes de variação (CV)

Fluxo de MO	Cr_2O_3		CIA		FDNI	
	IC ¹	CV ²	IC	CV	IC	CV
Duodenal	60,04±3,16	9,89	32,74±2,75	12,51	71,69±10,28	26,92
Fecal	37,55±2,42	12,08	27,72±4,37	29,61	51,16±4,94	18,11

¹IC: Intervalo de confiança (%); ²CV: Coeficiente de variação (%)

Valores de digestão ruminal da MO (% do total digerido no trato gastrointestinal), observados para rações com 50% de concentrado + 50% de silagem de milho, de 61,7% e 72,9% foram encontrados por Rabello *et al.* (1996) e por Caldas Neto (1999), respectivamente. Os valores de digestão ruminal da MO (% do total digerido no trato gastrointestinal), estimados pelo Cr_2O_3 de 64,0%, parecem estar mais condizentes com aquelas médias citadas na literatura do que aqueles estimados pelo FDNI de 58,0%, sendo que o resultado mais distante observado foi para os dados obtidos pela CIA de 86,1%. O ARC, em 1980, adotou um valor médio de 65% para a matéria orgânica aparentemente digerida no rúmen, para uma grande variedade de dietas. A menor variação experimental foi observada para os dados estimados pelo Cr_2O_3 com um coeficiente de variação de 9,89%, seguido pelos dados da CIA (12,51%), e maior variação experimental para os dados estimados pelo FDNI (26,92%).

Comparando-se as médias do fluxo de MO fecal obtidas pelos 3 métodos, pode-se notar que o menor IC foi observado para o fluxo de MO fecal estimado pelo Cr_2O_3 ($37,55 \pm 2,42\%$), seguida pelos dados obtidos pela CIA ($27,72 \pm 4,37\%$) e maior IC para os

dados do FDNI ($51,16 \pm 4,94\%$). Observando-se os coeficientes de digestibilidade no trato total para MO estimados pelo Cr_2O_3 (62,4%), pela CIA (72,3%) e pela FDNI (48,8%), verificou-se que os dados obtidos pelo Cr_2O_3 estão mais próximos dos valores observados, respectivamente, por Fontes *et al.* (1996) e Rodrigues *et al.* (1997), de 57,6% e de 62,9%, obtidos através da coleta total da fezes, para rações com 50% de concentrado + 50% de feno de brachiária + milho desintegrado com palha sabugo.

Maior precisão experimental também foi observada para os dados estimados pelo Cr_2O_3 , cujo o CV (12,08%) foi menor que aqueles obtidos para o FDNI (18,11%) e para CIA (29,61%).

Os fluxos de MS e de MO fecal, estimados pelo indicador Cr_2O_3 , apresentaram menor variação experimental. O mesmo foi observado por Zeoula *et al.* (1992), onde os dados obtidos pelo Cr_2O_3 apresentaram menor variação e maior precisão experimental para o fluxo de MO e MS fecal, quando comparados à CIA. Smith e Reid (1995) também obtiveram bons resultados com a recuperação do Cr_2O_3 , que chegaram a 99,7%, quando comparados à coleta total.

Os resultados de CIA apresentaram alto coeficiente de variação e maior intervalo de confiança para o fluxo de MS e de MO fecal em relação ao Cr_2O_3 , o que pode ter ocorrido pelo baixo teor do indicador na ração, em média 1,45%. Carvalho *et al.* (1992) citaram que a CIA deve participar na MS da ração num nível superior a 3% para que não haja diferença na estimativa da digestibilidade. Terada *et al.* (1981), citados por Piaggio *et al.* (1991), afirmaram que o uso simultâneo de indicador externo pode comprometer o uso da CIA como indicador. Considerando os baixos teores de CIA dos alimentos e o fornecimento do indicador externo, Cr_2O_3 , pôde-se concluir que essas foram as causas da grande variação observada para CIA.

O indicador interno FDNI também apresentou alta variação em torno da média, observando alta concentração de FDNI nas amostras de digestas e das fezes, resultando em subestimativa da digestibilidade total aparente e duodenal. Os teores de FDNI nas rações experimentais variaram de 11,02% a 21,70%, porém parece não ter sido a causa da maior variação em torno da média para os fluxos de MS e de MO, e da maior variação experimental. Verificou-se que as rações com menor e maior teor de FDNI resultaram em valores de fluxo de MS fecal de $58,11 \pm 3,31\%$ e $54,31 \pm 3,84\%$, respectivamente. Também na literatura consultada não foi mencionado teor mínimo de FDNI para uso

como indicador, em rações. Todavia, a variação observada para o fluxo de MS e de MO duodenal pode ser consequência dos teores de FDNI nos alimentos que, após a incubação no rúmen, apresentaram-se subestimados, em função das possíveis perdas de partículas pelos poros dos sacos de náilon. Vale ressaltar que o tamanho das partículas dos alimentos incubados era o mesmo daquele utilizado na confecção das rações experimentais.

O indicador externo óxido crômico foi o que apresentou menor variação nas estimativas dos fluxos de MS e de MO duodenal e fecal.

A cinza insolúvel em ácido superestimou a digestibilidade, não obtendo resultados confiáveis.

A fibra em detergente neutro subestimou a digestibilidade e também não obteve resultados confiáveis, com altos valores de variação e maior intervalo de confiança, além de ser um indicador que necessita de uma metodologia mais laboriosa para obtenção dos resultados.

Referências bibliográficas

- ARC. The nutrient requirement of ruminants livestock; Technical Review by an Agricultural Research Council Working Party. London: 1980. 351p.
- Caldas Neto, S.F. *Digestibilidade parcial e total, parâmetros ruminais e degradabilidade de rações com mandioca e resíduos de farinhas*. Maringá, 1999. (Master's Thesis in Zootechny) - Universidade Estadual de Maringá,.
- Carvalho, F.F.R.; Queiroz, A.C.; Rodriguez, M.T.; Fontes, C.A.A. Uso de indicadores internos para estimar a digestibilidade dos nutrientes de rações para cabras em lactação alimentadas *ad libitum*. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, 21(2):270-278, 1992.
- Cochran, R.C.; Adams, D.C.; Wallace, J.D.; Galyean, M.L. Predicting digestibility of different diets with internal markers. *J. Anim. Sci.*, 63:1476-1483, 1986.
- Coelho da Silva, J.F.; Leão, M.I. Fundamentos de nutrição dos ruminantes. Piracicaba: 1979. 384p.
- Fontes, C.A.A.; Oliveira, M.A.T. e Lana, R.P. Avaliação de indicadores na determinação da digestibilidade em novilhos. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, 25(3):529-539, 1996.
- Kimura, F.T.; Miller, V.L. Improved determination of chromic oxide in cal feed and feces. *J. Agric. Food Chem.*, 5(2):216, 1957.
- Lima, M.A.; Viana, J.A.C. Rodrigues, N.M.; Escuder, C.J. O uso de óxido crômico para estimar a excreção fecal de novilhos zebus em pastejo. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, 9(2):188-202, 1980.
- Lippke, H.; Ellis, W.C.; Jacobs, B.F. Recovery of indigestible fiber from feces of sheep and cattle on forrage diets. *J. Anim. Sci.*, 69(2):403-413, 1986.
- Merchen, N.R. Digestion, absorption and excretion in ruminants In: Church, D.C. *The ruminant animal*

- digestive physiology and nutrition*, 4.ed. Corvallis: O & B Books, 1993. p.172-201.
- Oliveira, R.F.M.; Fontes, C.A.L.; Coelho da Silva, J.K.; Paulino, M.F. Estudo da recuperação fecal do óxido crômico e dos indicadores internos CIA, CIDA e lignina em períodos de coleta de dois a sete dias, em bovinos. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, 20(5):522-531, 1991.
- Pereira, J.C. *Óxido crômico na determinação da digestibilidade total e parcial de rações que contêm diferentes níveis de óleo e tratadas com formaldeído, em bovinos*. Viçosa, 1983. (Master's Thesis in Zootechny) - Universidade Federal de Viçosa.
- Piaggio, L.M.; Prates, E.R.; Pires, F.F.; Ospina, H. Avaliação das cinzas insolúveis em ácido, fibra em detergente ácido indigestível e lignina em detergente ácido indigestível como indicadores internos da digestibilidade. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, 20(3):306-312, 1991.
- Rabello, T.G.; Valadares Filho, S.C.; Silva, J.F.C. Grão de soja moído na alimentação de vacas lactantes. 2. digestão total e parcial dos nutrientes.. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, 25(1):142-152, 1996.
- Rodriguez, L.R.R.; Fontes, C.A.A.; Jorge, A.M. Digestibilidade de rações contendo quatro níveis de concentrados em bovinos (taurinos e zebuínos) e bubalinos. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, 26(4):844-851, 1997.
- Saliba, E.O.S.; Rodriguez, N.M.; Gonçalves, 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: UFRGS. 1999, p. 293.
- Silva, D.J. *Análise de alimentos*. 2.ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1990. 166p.
- Smith A.M.; Reid, J.T. Use of chromic oxide as an indicator of fecal output for the purpose of determining the intake of pasture herbage by grazing. *J. Dairy Sci.*, 38(5):515-524, 1995.
- Thonney, M.L.; Duhaime, D.J.; Moe, P.W.; Palhof, B.A. Acid insoluble ash and permanganate lignin as indicators to determine digestibility of cattle rations. *J. Anim. Sci.*, 49(4):1112-1146, 1979.
- Valadares Filho, S.C. *Digestão total e parcial da matéria seca e carboidratos em ovinos e bubalinos*. Viçosa, 1989. (Doctoral Thesis in Zootechny) - Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa.
- Van Keulen, J.; Young, B.A. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *J. Anim. Sci.*, 44(2):238-287, 1977.
- Van Soest, P.J. Forage evaluation techniques. In: Van Soest, P.J. *Nutritional Ecology of the ruminant*. 2.ed. New York: Cornell University Press p.108-121, 1994.
- Zeoula, L.M. *Efeitos da fonte de amido, do processamento e da adição de uréia sobre a fermentação in vitro e digestão parcial e total em bovídeos*. Viçosa, 1990. (Doctoral Thesis in Zootechny) - Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa.
- Zeoula, L.M.; Coelho da Silva, J.F.; Leão, M.I.; Valadares Filho, S.C.; Oliveira, L.M.; Resende, K.T. Utilização de CIA, óxido crômico e celulose em estudos de digestão. *Re. Soc. Bras. Zootec.*, 21(1):73-82, 1992.
- Zeoula, L.M.; Branco, A.F.; Salina, L.J. Avaliação de indicadores em estudo de digestibilidade de alimentos para ruminantes. *Rev. Unimar*, 16:165-174, 1994.

Received on May 23, 2000.

Accepted on July 27, 2000.