



ARTIGO 268

AVANÇOS NO ESTUDO DE CONSUMO EM BOVINOS A PASTO - REVISÃO

Advances in the study of intake in cattle grazing - review

Elves Souza Cardoso¹, Hermógenes Almeida de Santana Júnior^{2*}, Elizângela Oliveira Cardoso Santana³, Antônio Hosmylton Carvalho Ferreira², Marilene dos Santos Maciel¹, Zeliana Fernandes de Oliveira¹, Cibelle Borges Figueiredo¹, Johnny Martins de Brito¹

RESUMO: Objetivou-se com essa revisão apresentar as metodologias e as novas tendências na estimativa de consumo animal. A pesquisa na nutrição de bovinos vem evoluindo, porém um dos entraves nesse estudo é a estimativa do consumo a pasto. Pesquisas vêm revelando novas tendências para que a metodologia de estimativa de consumo seja precisa, menos laboriosa e menos onerosa. Algumas metodologias estão sendo melhoradas outras novas estão sendo propostas, principalmente com o auxílio do comportamento animal. Sendo o uso de indicadores externos os mais utilizados em especial o óxido de cromo e o LIPE[®]. A metodologia do óxido de cromo esta sofrendo modificações para que seja mais preciso estimativa da produção fecal. Outros indicadores também estão dando lugar, pois os usado são onerosos e laboriosos. Outra possibilidade tem sido apresentada a avaliação da observação do comportamento animal em pastejo para a predição de equações para se estimar o consumo.

Palavras-Chave: Comportamento ingestivo, Digestibilidade. Indicadores externos, Pastejo

ABSTRACT: The objective of this review presents the methodologies and emerging trends the estimation of animal intake. The research in the nutrition of cattle has evolved, but a major problem in this study is to estimate the intake on pasture. Research reveals new trends to see that the methodology is accurate estimation of consumption, less laborious and less costly. Some methodologies are being improved with new ones being proposed, especially with the help of animal behavior. As the use of external markers used in the most special chromium oxide and LIPE[®]. The methodology of chromium oxide is undergoing changes to make it more accurate estimate of fecal output. Other indicators are also giving way, as used are costly and laborious. Another possibility has been presented to evaluate the observation of the grazing animal behavior to the prediction equations for estimating consumption.

Additional keywords: Digestibility, Grazing, External indicators, Ingestive behavior

¹Graduando em Zootecnia na Universidade Estadual do Piauí, *Campus* Dep. Jesualdo Cavalcanti de Barros, Corrente/PI.

²Professor Adjunto da Universidade Estadual do Piauí, *Campus* Dep. Jesualdo Cavalcanti de Barros, Corrente/PI. *E-mail: hsantanajunior@hotmail.com

³Doutoranda em Zootecnia na Universidade Estadual do Sudoeste Bahia, *Campus* Juvino Oliveira, Itapetinga/BA



INTRODUÇÃO

A quantidade de matéria seca ingerida pelo animal constitui o principal fator para controlar a produção de ruminantes a pasto. Assim o consumo voluntário de forragem pode ser definido como a quantidade de matéria seca ingerida diariamente pelos animais, quando a quantidade de alimento oferecida está em excesso. Diante da importância do consumo de ruminantes varias técnicas vem sendo desenvolvidas a fim de estimar o consumo de forragem de bovinos em pastejo, são mensuradas em um curto intervalo de tempo e de forma indireta com auxílios de indicadores externos que permitem a estimativa da produção fecal a partir de uma alíquota de fezes.

Indicadores externos são administrados aos animais com o alimento ou em capsulas podendo posteriormente ser identificado e quantificado nas fezes ou ao final do segmento. São administrados diariamente em dose única ou duas vezes ao dia, por meio de infusão ou com o uso de cápsulas. Já os indicadores internos, representados por frações indigestíveis dos alimentos, como a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e a fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível (MSi), cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA), lignina que podem ser obtidos por incubações *in situ* ou *in vitro*.

Este trabalho apresentará as metodologias mais usadas para o estudo e avaliação de consumo de ruminantes a pasto.

COMPORTAMENTO INGESTIVO E CONSUMO DE CURTO PRAZO

O tempo de pastejo é um dos parâmetros que definem o consumo de bovinos em pastejo. Para estimar o consumo pelo comportamento ingestivo, são necessárias observações visuais das atividades dos animais em intervalos de 5 a 10 minutos para atingir níveis acurados. Além do acompanhamento do pastejo permite monitorar outras atividades como ruminação, consumo de água e sal, ócio. É desejável que as observações sejam realizadas ao longo de 24 horas, para que mudanças no comportamento, devido fatores naturais, não interfira nos resultados.

CARVALHO et al. (2007) definem o tempo de alimentação como sendo o tempo de

pastejo menos os intervalos intrarefeições. A taxa de bocados como uma variável do pastejo é, usualmente, observada em diferentes períodos do dia, registrando-se o tempo necessário à ocorrência de um pré-determinado número de bocados.

É sugerido por PENNING & RUTTER (2004), o registro de 100 a 300 bocados por períodos de 1 a 3 minutos, repetidos ao longo do dia. A massa de bocado outra importante variável do pastejo é determinada com o auxílio de animais fistulados no esôfago (TRINDADE, 2007). Neste caso é realizada a coleta da extrusa via fistula e o monitoramento da taxa de bocados simultaneamente. Seu uso é limitado, pois necessita de procedimentos cirúrgicos, e a pode ocasionar mudança no comportamento ingestivo. A massa do bocado também pode ser estimada com base na determinação direta da taxa de ingestão associada ao monitoramento da taxa de bocados (SILVA et al., 2007). Isto pode ser feito pela técnica da dupla pesagem dos animais, antes e após pastejo, utilizando-se balanças de alta precisão (PENNING & HOOPER, 1985).

Por esta técnica o consumo é calculado como:

$$C = (Pt_2 + F + U + PM) - Pt_1$$

Onde: Pt_1 e Pt_2 são os pesos dos animais antes e depois do pastejo, F são as fezes, U a urina, e PM a quantificação da perda de peso metabólico.

A produção fecal e urinária dos animais pode ser obtida pelo uso de bolsas coletoras (SILVA et al., 2007). Outra técnica que vem sendo usada para a obtenção da massa de bocados é o calculo pela relação entre a massa de forragem total consumida e o número de bocados registrado durante cada teste de pastejo.

Vários aparelhos e sistemas automatizados foram desenvolvidos nos últimos anos, para auxiliar na coleta de dados relacionados aos bocados, como os *Vibracorders*, *APEC*, *Medilog*, *Ethosys*, mas o de uso mais freqüente é o *IGER Behaviour Recorder*. Esse aparelho registra os movimentos mandibulares totais e os distingue em bocados e movimentos mandibulares não associados ao pastejo, bem como o tempo efetivo de alimentação, que são posteriormente analisados pelo software *Graze*.



GONSALVES (2009) aplicando essas técnicas concomitantemente no comportamento ingestivo de ovinos e bovinos e constatou que quando o pasto é manejado com alturas inferiores a 9,9 cm para ovinos e 11,4 cm para bovinos, a ingestão é limitada pela profundidade do bocado, que aumenta de forma linear com o aumento da altura do pasto. Abaixo deste ponto, o consumo não se sustenta, pois a profundidade do bocado não é capaz de compensar a baixa densidade de forragem e a dispersão de lâminas nos estratos mais superiores do dossel, ocasionando queda na massa do bocado.

A análise de bocados no comportamento de bovinos, TRINDADE (2007) deduziu que os animais, ao encontrarem o componente folha, a desfolha foi mais intensa. Da mesma forma, ao longo do rebaixamento, os animais, com intuito de consumir forragem com maior proporção de folhas que de colmos e material morto, aumentaram a intensidade de desfolhação das folhas e diminuíram a profundidade de desfolhação dos perfilhos. Entretanto, quando o autor analisou as repostas da taxa de consumo e composição da extrusa, julgou que essas estratégias dos animais foram fortemente limitadas pela estrutura do pasto, a qual foi modificada por eles mesmos ao longo do processo de rebaixamento.

Avaliando os mais variados fatores que compõem o pastejo alguns autores acreditam que o caminho para a determinação do consumo será por meio de variáveis ligadas aos bocados, pois acreditam que as interações entre planta e animal tem muita contribuição no consumo da forragem com isso dificultando a predição de fórmulas para estimar essa variável.

COMPONENTES DO CONSUMO DE LONGO PRAZO: EXCREÇÃO FECAL E DIGESTIBILIDADE

Para estimar o consumo em pastejo partisse do princípio de que a excreção fecal por um animal é inversamente proporcional à digestibilidade, mas diretamente relacionada à quantidade de alimento ingerido. Deste modo, o consumo pode ser estimado da seguinte forma:
Consumo (g/dia) = Produção fecal (g/dia) / (1-Digestibilidade)

METODOLOGIAS PARA MEDIR OU ESTIMAR A EXCREÇÃO FECAL

A excreção de fezes por animais pode ser determinada diretamente com uso de sacolas coletoras, que permite a coleta total das fezes. A coleta total de fezes dos animais é realizada durante os últimos cinco dias, nas avaliações de cada período experimental. Após cada coleta individual, as fezes são pesadas, homogeneizadas, retirando-se uma amostra de 10% de quantidade produzida, para análises de matéria seca (MS) para assim estimar a produção de fecal. Essa técnica é a base do estudo da estimativa de produção de fezes com uso de indicadores externos.

MAGALHÃES et al. (2009), observando o efeito do período de coleta de fezes na digestibilidade dos nutrientes e na determinação do valor energético de forrageiras tropicais em novilhos, concluiu em seu trabalho três dias de coleta total de fezes são suficientes para determinar a digestibilidade dos nutrientes e, conseqüentemente, os teores de nutrientes digestíveis totais de forrageiras tropicais em ensaios de digestão.

Segundo CARVALHO et al. (2007) a principal crítica ao uso das sacolas está relacionada ao possível desconforto do animal causado pelos arreios e/ou pelo peso das fezes, a ponto de modificar o comportamento ingestivo e o consumo de pasto. Adicionalmente, há também a possibilidade de haver perda dos excrementos para fora da sacola.

Aparentemente, estes problemas parecem ser mais limitantes em bovinos, principalmente com animais de alto nível de consumo e mantidos em pastagens com alto teor de umidade (LIPPKE, 2002).

A produção fecal pode ser determinada por coleta total ou por recuperação de um marcador fecal, ao passo que as medidas do fluxo da digesta duodenal requerem cânula tornando trabalhosa a técnica. Vem sendo substituída essa metodologia pelo uso de marcadores externos.

A excreção fecal tem sido mais frequentemente estimada com o uso de indicadores externos. Independentemente do tipo, o uso de indicador externo permite estimar o consumo individual diário dos animais, mas não permite estimar o consumo de períodos diferentes de 24 horas. Além disso, a



concentração fecal de qualquer indicador externo varia amplamente ao longo do tempo, após o fornecimento, de modo que vários dias são necessários para excreção total da dosagem inicial fornecida.

Indicadores são substâncias indigestíveis, normalmente de fácil determinação, podendo ser administradas com o alimento ou diretamente em algum segmento do aparelho digestório, sendo posteriormente identificados e quantificados nas fezes ou ao final do segmento em estudo. Logo, indicador é o termo utilizado para denominar materiais usados na estimativa qualitativa ou quantitativa de fenômenos fisiológicos ou nutricionais relacionados à digestão.

O óxido de cromo (Cr_2O_3), apesar de suas conhecidas deficiências como marcador de fluxo de digesta, tem se consolidado como um dos indicadores mais utilizados para estimar o consumo de ruminantes em pastejo, particularmente por pesquisadores no Brasil, como CABRAL et al. (2008), LOPES et al. (2005), CÂNDIDO et al. (2005), PALIERAQUI et al. (2006), GONTIJO NETO et al. (2006), entre vários outros. Entre as vantagens da sua utilização, pode-se citar o baixo custo e a relativa simplicidade dos procedimentos analíticos (MORENZ et al., 2006).

Segundo BARROS et al. (2009) óxido crômico possibilita maior recuperação da matéria seca fecal. Entretanto, sua concentração em amostras pontuais está sujeita a variações que podem resultar em vícios de curto prazo elevados. Os autores relatam que é necessário, portanto, período de coleta longo o suficiente para reduzir as variações entre amostras e entre dias consecutivos, isto é, superior a três dias, mesmo depois de atingido o equilíbrio de excreção (steady-state) do óxido crômico, os indicadores internos são mais estáveis a curto prazo, mas apresentam elevados vícios de longo prazo.

CABRAL et al. (2008) relata em seu trabalho de avaliação de indicadores, a utilização do cromo e da FDNI na estimação da excreção fecal e da digestibilidade aparente de matéria seca gerou estimativas acuradas para as dietas utilizadas dietas à base das silagens de milho e de capim-elefante e feno de capim-Tifton 85. Contudo, algumas limitações associadas ao uso deste indicador, tais como a

recuperação fecal incompleta (MIR et al., 1989) e sua irregularidade na excreção ao longo do dia (MORENZ et al., 2006), recomenda realizar várias amostragens de fezes ao longo do dia ou durante vários dias mas com coletas em horários alternados de forma a obter uma amostra composta contendo sub-amostras a cada 3 ou 4 horas em um ciclo de 2 horas. Outro procedimento proposto é a coleta, no campo, de amostras de todas as fezes produzidas pelos animais (MÉLIX & PEYRAUD, 1987), ou ainda a mistura do indicador em um alimento concentrado peletizado (WANYOIKE & HOLMES, 1981 e ZIMMERMANN et al., 2005).

PENNING (2004) compilou dados de literatura e concluiu que o período recomendado de dosagem dos marcadores, em geral, e do óxido de cromo em particular, é de 12 dias, compreendendo um período preliminar de sete dias e coletas de fezes nos últimos cinco dias, num regime de dosagem de duas vezes ao dia em intervalos de aproximadamente oito e 16 horas ou em dose única, com concomitante com a primeira a amostragem das fezes. As dosagens diárias recomendadas dependem do tamanho do animal, entre 0,5 e 1g para ovinos, e cinco a 10g para bovinos.

Além dos problemas verificados em relação à eliminação do óxido nas fezes, o manejo na hora da administração também pode interferir na acuidade dos resultados, (SILVA et al., 2009), relata que estudos com bovinos em pastagens cujo objetivo seja a determinação de consumo, desempenho animal, conversão e eficiência alimentar não devem usar dados obtidos a partir de animais em que esteja sendo aplicado o óxido crômico para determinar a produção fecal e, posteriormente, o consumo. Os autores esclarecem que o estresse da administração da capsula de óxido, a condução diária ao animal no tronco e a coleta de fezes pela ampola retal interfere nas variáveis de consumo, desempenho, conversão e eficiência alimentar.

Como alternativa ao uso de óxido de cromo, vários outros indicadores também têm sido utilizados, os elementos terras raras (Lantano, Samário, Cério, itérbio, Disprósium), Rutênio Fenantrolina, Cromo mordante, utilizados para fase sólida e o Cobalto-EDTA, Cromo-EDTA e o Polietilenoglicol (PEG), utilizados para fase líquida. O Itérbio associa-se



mais fortemente às partículas da digesta e é mais palatável que o óxido de cromo. No entanto, é importado e oneroso. BERCHIELLI (1994 e 1998), obteve valores obtidos foram 38,8%, 57,8% e 80,2% para cromo, itérbio e FDN indigestível, respectivamente e concluíram que os indicadores internos podem ser utilizados para estimativa dos fluxos com alguma confiabilidade, o mesmo não ocorrendo para o Cr_2O_3 e o cloreto de itérbio que superestimaram os valores. A fórmula para determinação da produção fecal é feita conforme a equação proposta por Burns (1994): $\text{PF} = \text{OF}/\text{COF}$, em que PF é a produção fecal diária (g/dia), OF óxido crômico fornecido (g/dia), e COF é a concentração de óxido crômico nas fezes (g/gMS).

Em pesquisas utilizando a lignina isolada da palha de milho como indicador, SALIBA (1998) e SALIBA et al. (2002) propuseram a utilização de grupamentos químicos, como a metoxila, unidades guaiacílicas, hidroxilas fenólicas e grupamentos da molécula da lignina,

determinados por espectroscopia no infravermelho.

Recentemente, foi lançado no mercado brasileiro o LIPE[®], um polímero hidroxifenilpropano modificado (ou uma lignina purificada de Eucalipto). Além de ser produzido nacionalmente, o período de adaptação para que sua excreção alcance o equilíbrio parece ser menor que o do óxido de cromo (RODRIGUEZ et al., 2006; BERCHIELLI et al., 2007). A sua apresentação comercial é feita em cápsulas de 100, 250 e 500 mg, em caixas contendo 100 cápsulas ou na forma de xarope na concentração de 10000 mg por 100 mL, em recipientes contendo 100 mL. O período de adaptação para que sua excreção seja uniforme é de 48 horas. O período experimental para a colheita de fezes é satisfatório com três (aves) a cinco (outras espécies) dias de repetição.

A produção fecal (kg MS dia^{-1}) é estimada, baseando-se na razão entre a quantidade do indicador administrado ao animal e sua concentração nas fezes:

$$\frac{\text{Indicador ingerido (g dia}^{-1}\text{)}}{\text{Concentração do indicador nas fezes (g kg}^{-1}\text{ MS)}}$$

Para os cálculos do fluxo duodenal (kg MS dia^{-1}) são utilizadas as equações, em função do tipo de indicador (externo ou interno):

Indicador externo:

$$\frac{\text{Indicador ingerido (g dia}^{-1}\text{)}}{\text{Concentração do indicador na MS duodenal (g kg}^{-1}\text{ MS)}}$$

Indicador interno:

$$\frac{\text{MSF (kg dia}^{-1}\text{)} \times \% \text{ FDNIs ou FDAIs na MSF}}{\% \text{ FDNIs ou FDAIs na MS duodenal}}$$

em que: MSF = matéria seca fecal obtida pela coleta total, FDNIs = FDN obtida pós incubação in situ por 144 ou 288h e FDAIs = FDA obtida após incubação in situ por 144 ou 288h.

METODOLOGIAS PARA ESTIMAR A DIGESTIBILIDADE

A digestibilidade da forragem consumida na situação do pastejo é de melhor qualidade apresentando cerca de 60% de digestibilidade segundo Carvalho et al. (2007), devido a isso não pode ser medida diretamente, podendo implicar em erros associados às estimativas de consumo em pastejo.

A digestibilidade da forragem tem sido comumente estimada in vitro, por incubação microbiológica ou enzimática. No entanto, além de terem baixa reprodutibilidade entre laboratórios, nenhum desses métodos reproduz

adequadamente o processo de digestão *in vivo*. Com esta variação, o método estima a digestibilidade verdadeira da matéria orgânica (MO) e, para calcular a digestibilidade aparente, é necessário que se faça uma correção para a excreção fecal de MO endógena. Destacado por ALLEN & LINTON (2007), as técnicas laboratoriais de avaliação da digestibilidade dos alimentos são de grande valia para diferenciar alimentos, mas pouco sensíveis para prever os processos in vivo. Os métodos mais apropriados para estudos da estimativa de consumo em ruminantes em pastejo são baseados nas estimativas da



produção diária de fezes e da digestibilidade *in vitro* da forragem ingerida a partir da fórmula:

Consumo = Produção fecal/ 1 - digestibilidade *in vitro* da matéria seca

onde: a produção fecal pode ser estimada com o auxílio de indicadores externos.

ESTIMATIVA DA DIGESTIBILIDADE A PARTIR DE AMOSTRAS DA FORRAGEM

A digestibilidade pode ser obtida pelo método direto (*in vivo*), que implica rigoroso controle da ingestão e excreção diária, sendo inviável em algumas situações, além de constituir-se um processo laborioso (PAIXÃO et al., 2007) ou *in situ*, utilizando animais fistulados, que apresenta maior facilidade quando comparado com o método *in vivo*.

A crítica à técnica e que um único valor de digestibilidade é usado para todos os animais e a acurácia das estimativas depende da representatividade da amostra analisada em relação à forragem consumida. Para minimizar os erros de amostragem, existe a recomendação de coletar amostras de forragem por simulação de pastejo ou com uso de fístulas esofágicas. A simulação de pastejo tem sido a técnica amostral mais comumente utilizada nos experimentos. A sua limitação reside no fato de que a decisão sobre a amostragem é subjetiva ao observador. Podendo variar entre amostradores ou por período, entre outros, são aspectos críticos. RIBEIRO FILHO et al. (2005) relata que para minimizar os erros o ideal é que inclua covariáveis relacionadas à pastagem como teor de nitrogênio ou FDA nas equações de predição de digestibilidade.

Cinza insolúvel em ácido (CIA), assim como a lignina, também têm sido utilizados. A crítica ao uso das CIA está associada à sua baixa concentração nas amostras, que diminui a precisão das estimativas, ou à possibilidade de contaminação das amostras com solo, superestimando suas concentrações. Uma ração ou alimento deverão conter cerca de 0,75% de CIA e concentração mínima superior a 3% de CIA na matéria seca (THONNEY et al., 1984; ARAÚJO et al., 2000), para que sua concentração não seja um dos fatores de erro na hora da análise. Já SUNVOLD & COCHRAN (1991) encontraram estimativas acuradas para digestibilidade da matéria orgânica com a utilização da CIA em

dietas baseadas em feno e forragem para novilhos de corte.

Os diferentes indicadores internos avaliados variaram em sua habilidade de prever acuradamente a digestibilidade da matéria orgânica entre diferentes forragens, implicando na necessidade de se validar a recuperação fecal de um indicador para um tipo específico de forragem, antes de sua utilização em trabalhos de pesquisa. O mesmo foi observado por BERCHIELLI et al. (2005) que em função da grande variabilidade de resultados, sugerem a existência de um indicador adequado para cada volumoso utilizado.

A lignina tem sido utilizada como indicador interno, deste que as pesquisas demonstraram a sua característica de não ser digerida pelos animais e apresentar recuperação quantificável nas fezes. No entanto, vários trabalhos vêm demonstrando que esse polímero fenólico pode ser degradado ou ter a sua estrutura primária modificada, após passagem pelo trato gastrointestinal.

De acordo com FAHEY & JUNG (1983) a digestibilidade da lignina observada em várias dietas variou de 27,9 a 53,3%, demonstrando que a sua utilização como indicador é questionável os autores também evidenciam que os resultados de pesquisa indicam que a escolha do método analítico e a extensão da recuperação fecal podem drasticamente alterar a interpretação das mensurações de fluxo de digesta calculados, tendo como indicador a lignina.

VAN SOEST (1994) cita que em gramíneas jovens e espécies vegetais com baixas concentrações de lignina, o seu menor grau de polimerização pode ocasionar uma digestibilidade da ordem de 20 a 40%. Desta forma, o autor recomenda o uso da lignina como indicador em rações com concentração superior a 5% deste composto na matéria seca.

Os indicadores internos, representados por frações indigestíveis dos alimentos, como a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e a fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) podem ser obtidos por incubações *in situ* ou *in vitro*. A MSi, FDAi e FDNi, por sua vez, têm sido mais frequentemente testados e utilizados.

Na literatura há divergência quanto ao tempo de incubação necessário para representar



a fração da amostra indigestível no rúmen, sendo sugeridos períodos variáveis como 96 (RUIZ et al., 2001), 144 (BERCHIELLI et al., 2000), 192 (ZEOULA et al., 2002), 288 horas (HUHTANEN et al., 1994) e 240 (CLIPES et al., 2006). CASALI et al. (2008) sugere-se a utilização de partículas de 2 mm em protocolos *in situ* por possibilitar maior precisão das estimativas. Utilizando-se sacos confeccionados com TNT em protocolos de estimação *in situ* dos teores de MSi e FDNi, devem ser utilizados tempos de incubação de 240 horas para obtenção de estimativas mais exatas das frações indigestíveis. Para avaliação da fração FDAi, sugerem-se tempos de 264 horas.

BERCHIELLI et al. (2000) esclarece que há diminuição da digestibilidade dos alimentos ao se reduzir o tempo de exposição da amostra à microbiota ruminal, ocasionando também a irreal reprodução da fração indigestível das amostras. Outro aspecto a ser considerado no caso da incubação *in situ* é a possibilidade de obstrução dos poros do saco de náilon pela deposição de matéria degradada ou de microrganismos ruminais. Um fator a ser considerado é o grau de recuperação e, deste modo, a precisão e exatidão das estimativas de digestibilidade e consumo utilizando estes indicadores tem sido variável.

Vários autores (BERCHIELLI et al., 2005 e RODRIGUEZ et al., 2006) concluíram que a digestibilidade da matéria seca foi subestimada quando utilizada a FDN e FDA indigestíveis *in situ*. De acordo com esses autores, as prováveis razões para variações na eficácia da fração fibrosa indigestível seriam a constituição da fibra de cada volumoso, que desempenha importante papel e pode afetar a taxa e a extensão da degradação dessa fibra; a seletividade da dieta pelos animais. A digestibilidade da forragem pode ser também estimada com base na denominada técnica da relação, com uso de marcadores internos que são componentes naturais e indigestíveis da forragem. BARROS et al. (2009) diz em seu trabalho avaliando vícios de estimação de excreção fecal, que os indicadores internos subestimam a produção fecal, e a FDNi é o que apresenta menor vício de longo prazo e tempo total, o que proporciona estimação mais exata.

N-ALCANOS

Dentre varias substâncias que compõem a cera das plantas, os hidrocarbonetos alifáticos saturados (N-alcenos), são compostos orgânicos de cadeia aberta formados por carbono e hidrogênio, as primeiras quatro substâncias da família dos alcanos são gases (C1 a C4), os treze seguintes são líquidos (C5 a C17) e os que contêm 18 ou mais átomos de carbono são sólidos, os que extrapolam os 20 carbonos são as parafinas.

Publicações demonstram que essa metodologia tem possibilitado estimações acuradas da ingestão e composição da dieta (DOVE & MOORE, 1995; DOVE et al., 1996; DUNCAN et al., 1999; LEWIS et al., 2003).

OLIVEIRA et al. (2008) avaliando o uso de n- alcanos observou consumos estimados de forragem usando o par C33:C32 de alcanos não diferem dos consumos observados para os animais em gaiolas de metabolismo. Estes resultados indicam que as cápsulas de liberação controlada podem ser utilizadas para estimar o consumo de forragem em animais estabulados, mas a taxa de liberação e a concentração de alcanos nas cápsulas devem ser medidas para gerar predições mais exatas.

Em se tratando de ruminantes em pastejo, as variações qualiquantitativas das dietas consumidas são excepcionalmente amplas, pois, além das plantas forrageiras estarem em constantes variações botânicas e nutritivas em função do seu crescimento, existe o fator da seletividade de pastejo. Portanto, estimar acuradamente os recursos alimentares disponíveis e participantes das dietas de ruminantes, como espécies e frações de plantas, é tarefa bastante complexa, porém, fundamental em estudos de nutrição animal. Teoricamente, 12 n-alcenos (C25 a C36) poderiam ser utilizados para discriminar componentes dietéticos, porém nem todos contribuem às estimações.

Assim como os outros marcadores os n-alcenos possuem 7 dias para adaptação e cinco de coletas, e fornecido em capsulas de 16 cm de comprimento e 3,8 cm de espessura (produzidos pela MCM- Alcanos - Captec, NZ) constituído do n-alceno que deseja analisar. OLIVEIRA et al. (2008) ao analisar o produto, observaram uma taxa de liberação de 372mg dia⁻¹ de C32 e 336 mg dia⁻¹, porém esses valores foram de 7 e 16% inferiores aos



indicados pelo fabricante ($400\text{mg}\cdot\text{dia}^{-1}$). Em relação à simulação de ingestão de alimentos foram estimados 9,2% menor que o observado em animais em gaiola metabólica.

A técnica n-alcanos baseia-se na combinação de um n-alcano de cadeia com número ímpar de carbonos, naturalmente encontrado nas plantas, com um n-alcano sintético, de cadeia com número par de carbonos, utilizado como indicador externo. Na literatura ainda não se encontra um modelo matemático para uma interpretação correta dos n-alcanos.

Segundo GEDIR & HUDSON. (2000), os n-alcanos mais viáveis como indicadores externos são o n-dotriacontano (C32) e o n-hexatriacontano (C36), em razão do menor custo, da fácil obtenção na forma pura e por apresentar-se em baixas concentrações nas plantas. MALOSSINI et al. (1996) e MORENZ et al. (2006), avaliando as metodologias do óxido de cromo/digestibilidade *in vitro* e dos n-alcanos C31, C32 e C33 na estimativa de consumo de MS e encontrou em ordem decrescente, os n-alcanos C29, C33 e C31, observaram maiores variações das concentrações fecais de Cr_2O_3 ao longo do dia, quando comparadas às dos n-alcanos (pares C31:C32 e C33:C32), o que também evidencia a possibilidade de redução do número de coleta de fezes pela técnica dos n-alcanos. Na literatura existe relatos onde evidencia a tendência da metodologia dos n-alcanos em subestimar os valores de digestibilidade

(MORENZ et al., 2006) pode ser explicada pela menor taxa de recuperação fecal do indicador interno (n-alcano de cadeia ímpar natural da forragem) em relação ao externo (n-alcano sintético de cadeia par, fornecido).

Segundo DOVE & MAYES (1991), aproximadamente 95% dos alcanos de cadeia ímpar encontram-se na fase sólida da dieta, enquanto 40% dos n-alcanos fornecidos (indicador externo) estão associados à fase líquida, o que pode explicar, em parte, a diferença nas taxas de recuperação fecal entre os n-alcanos natural (forragem) e administrado (sintético). Assim com base nos fatos analisados sobre n-alcanos na estimativa do consumo pode variar sua acurácia conforme a forragem avaliada, pois a qualidade da forragem interfere no trânsito da fibra no trato digestório.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a variabilidade dos dados encontrados em cada metodologia pode-se considerar que possivelmente um indicador não seja o que melhor reproduza uma determinada técnica, mas que cada indicador seja melhor com um determinado alimento ou gramínea. Um maior aprofundamento nas técnicas que consideram o comportamento animal, pois talvez dessa técnica saia a solução da determinação do consumo. Ainda necessita pesquisas que possibilite os esclarecimentos das dúvidas na avaliação de bovinos em pastejo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALLEN, M.S.; LINTON, J.A.V.. *In vivo* methods to measure digestibility and digestion kinetics of feed fractions in the rumen. In. RENNO, F.P.; SILVA, L.F.P. (Eds.) Simpósio Internacional Avanços em Técnicas de Pesquisa em Nutrição de Ruminantes, Pirassununga. **Anais...**, Pirassununga 2007. pp. 72-89.

BARROS, E.E.L., C.A.A. FONTES, E. DETMANN, R.A.M. VIERIRA, L.T. HENRRRIQUES, A. M.; FERNADES. Vícios na estimação da excreção fecal utilizando indicadores internos e óxido crômico em ensaios de digestão com ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38 n.10, 2015-2020, 2009.

BERCHIELLI, T. T.; RODRIGUEZ, N. M.; OSÓRIO NETO, E.; ROCHA, S. S. Comparação de Indicadores de fase sólida para medir fluxo de matéria seca e matéria orgânica no duodeno. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.50, n.2, 147-152, 1998.



BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P.; FURLAN, C. L. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, 830-833, 2000.

BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G.; GARCIA, A. V. Aplicação de técnicas para estudos de ingestão, composição da dieta e digestibilidade. **Archives of Veterinary Science**, v.10: 29- 40, 2005.

BERCHIELLI, T. T.; VEJA, A. G.; REIS, R. A. Técnicas de avaliação de consumo em ruminantes: Estado da arte. In: RENNÓ, F.P.; SILVA, L.F.P. (Eds.) Simpósio Internacional Avanços em Técnicas de Pesquisa em Nutrição de Ruminantes, Pirassununga, **Anais...**, 2007. pp. 305-341.

CANDIDO, M. J. D.; ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, C. A. D.; PEREIRA, W. E. Período de descanso, valor nutritivo e desempenho animal em pastagens de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, 1459-1467, 2005.

CARVALHO, P. C. F.; KOZLOSKI, G. V.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; REFFATTI, M. V.; GENRO, T. C. M.; EUCLIDES, V. P. B.; Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, 151-170, 2007.

CASALI, A. O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PEREIRA, J. C.; HENRIQUES, L. T.; FREITAS, S. G.; PAULINO, M. F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, 335-342, 2008.

DOVE, H.; MAYES, R. W. Plant wax components: a new approach to estimating intake and diet composition in herbivores. **American Institute of Nutrition**, v.126: 13-26, 1996.

DOVE, H.; MAYES, R. W. The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition of herbivores: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.42: 913-952, 1991.

DOVE, H.; MOORE, A. D. Using a least-squares optimization procedures to estimate botanical composition based on the alkane of cuticular wax. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.46: 1535-1544, 1995.

DUNCAN, A. J.; MAYES, R. W.; LAMB, C. S.; YOUNG, S. A.; CASTILLO, I. The use of naturally occurring and artificially applied *n*-alkanes as markers for estimation of short-term diet composition and intake in sheep. **Journal of Agricultural Science**, v.132: 233-246, 1999.

FAHEY, G. C. Jr.; JUNG, H. G.; Lignin as a marker in digestion studies: **A review. J. Anim. Sci.**, v.57, n.1, 220-225, 1983.

GONÇALVES, E. N. 2007. **Comportamento ingestivo de bovinos e ovinos em pastagem nativa da Depressão Central do Rio Grande do Sul**. Tese-Doutorado em Zootecnia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 130pp.

GONÇALVES, E. N.; CARVALHO, P. C. F.; KUNRATH, T. R.; CARASSAI, I. J.; BREMM, C.; FISCHER, V. Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: processo de ingestão de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, n.9, 1655-1662, 2009

GONTIJO NETO, M. M.; EUCLIDES, V. P. B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; MIRANDA, L. F.; FONSECA, D. M.; OLIVEIRA, M.P. Consumo e tempo de pastejo por novilhos Nelore em pastagem de capim-tanzânia sob diferentes ofertas de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, 60-66, 2006.



HUHTANEN, P.; KAUSTELL, K.; JAAKKOLA, S. The use of internal markers to predict total digestibility and duodenal flow of nutrients in the cattle given six different diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 48, n. 1, 211-227, 1994.

ÍTAVO, L. C. V. Consumo, digestibilidade e eficiência microbiana de novilhos alimentados com dietas contendo vários níveis de concentrado, utilizando diferentes indicadores e períodos de coleta. 2001, Tese (Doutorado em Zootecnia). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 100p.

ÍTAVO, L. C. V.; VALADARES FILHO, S. C.; FERREIRA, S. F.; VALADARES, R. F. D.; PAULINO, M. F.; ÍTAVO, C. C. B. F.; MORAES, E. H. B. K. Comparação de indicadores e metodologia de coleta para estimativas de produção fecal e fluxo de digesta em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, 1833-1839, 2002.

LEWIS R. M.; MAGADLELA, A. M.; JESSOP, N. S.; EMMANS, G. C. The ability of the *n*-alkanes technique to estimate intake and diet choice of sheep. **Animal Science**, v.77: 319-327, 2003.

LIPPKE, H. Estimation of forage intake by ruminants on pasture. **Crop Science**, v.42:869-872, 2002.

LOPES, F. C. F.; AROEIRA, L. J. M.; RODRIGUEZ, N. M.; SAMPAIO, I. B. M.; DERESZ, F.; BORGES, I.; BERCHIELLI, T. T. Predição do consumo de pasto de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schumack) por vacas mestiças Holandês x Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, 1017-1028, 2005.

MAGALHÃES, K. A.; REIS, R. A.; CASAGRANDE, D. R.; ALVES, E. B.; AZENHA, M. V.; CARDOZO, M. V.; NOGUEIRA, R. G. S.; REZENDE, C. F. Efeito do período de coleta de fezes na digestibilidade dos nutrientes e na determinação do valor energético de forrageiras tropicais em novilhos. In: **Anais... ZOOTEC**, 2009. Águas de Lindóia SP.

MÉLIX, C.; PEYRAUD, J. L. Utilisation de l'oxyde de chrome chez les vaches laitières pour la prévision des quantités de fèces émises. 2. Comparaison des méthodes de prélèvement de fèces par voie rectale et par collecte globale (en stalle à digestibilité et sur le champ). **Reproduction Nutrition Development**, v.27: 217-218, 1987.

MIR, P. S.; KALNIN, C. M.; GARVEY, S. A. Recovery of fecal chromium used as a digestibility marker in cattle. **Journal of Dairy Science**, v.72: 2549-2553, 1989.

MORAIS, J. A. S.; BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G.; QUEIROZ, M. F. S.; TOROVESLÁSQUEZ, P. A.; RIVERA-RIVERA, A. Diferentes procedimentos na determinação de indicadores internos para estimativa de produção fecal e fluxo duodenal de matéria seca em bovinos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences Maringá**, v.32, n.2, 213-218, 2010.

MORENZ, M. J. F.; DA SILVA, J. F. C.; AROEIRA, L. J. M.; DERESZ, F.; VÁSQUEZ, H. M.; PACIULLO, D. S. C.; LOPES, F. C. F.; ELYAS, A. C. W.; DETMAN, E. Óxido de cromo e alcanos na estimativa do consumo de forragem de vacas em lactação em condições de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, 1535-1542, 2006.

OLIVEIRA, D. E.; MANELLA, M. Q.; TEDESCHI, L. O.; DA SILVA, S. C.; LANNA, D. P. D. *N*-alkanes to estimate voluntary Forage intake of cattle using Controlled-release capsules. **Science Agriculture**, v.65, n.3, 230-238, 2008.

PAIXÃO, M. L.; VALADARES FILHO, S. C.; LEÃO, M. I.; CECON, P. R.; MARCONDES, M. I.; SILVA, P. A.; PINA, D. S.; SOUZA, M. G.; 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 soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, 739-747, 2007.

PALIERAQUI, J. G. B.; FONTES, C. A. A.; RIBEIRO, E. G.; COSÊR, A. C.; MARTINS, C. E.; FERNADES, A. M. Influência da irrigação sobre a disponibilidade, a composição química, a digestibilidade e o consumo dos capins mombaça e napier. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, 2381- 2387, 2006.

PENNING, P. D. 2004. Animal-based techniques for estimating herbage intake. In: PENNING, P. D. 2006. (Ed.). *Herbage Intake Handbook*. 2ed. Reading: The British **Grassland Society**, 2ed. p.53-94.

RIBEIRO FILHO, H. M. N.; DELAGARDE, R.; PEYRAUD, J. L. Herbage intake and milk yield of dairy cows grazing perennial ryegrass swards or white clover/perennial ryegrass swards at low- and medium-herbage allowances. **Animal Feed Science and Technology**, v.119, p.13-27, 2005.

RIBEIRO FILHO, H. M. N.; DELAGARDE, R.; PEYRAUD, J. L. Inclusion of white clover in strip-grazed perennial ryegrass swards: herbage intake and milk yield of dairy cows at different ages of sward regrowth. **Animal Science**, v.77, p.499-510, 2003.

RODRIGUEZ, N. M. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. pp.323-352.

RUIZ, R.; VAN SOEST, P. J.; VAN AMBURGH, M. E.; ROBERTSON, J. B. Use of chromium mordanted neutral detergent residue as a predictor of fecal output to estimate intake in grazing high producing Holstein cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 89, n. 1, 155-164, 2001.

SALIBA, E. O. S. **Caracterização Química e Microscópica das Ligninas dos Resíduos Agrícolas de Milho e de Soja Expostas à Degradação Ruminal e seu Efeito sobre a Digestibilidade dos Carboidratos Estruturais**. Tese-Doutorado em Ciência Animal. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG. 251p., 1998.

SALIBA, E. O. S.; PILO-VELOSO, D.; RODRIGUEZ, N. M.; CAPANEMA, E. A.; CHEN, L. C. Structural characterization of lignin from *Eucalyptus Grandis* before and after exposure to the gastrointestinal tract of ruminants. In: 8º SIMPÓSIO MUNDIAL DE LIGNINAS, São Carlos: **Anais...** São Carlos, 2004.

SALIBA, E. O. S.; RODRIGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C.; MOARES, S. A. L.; PILÓ-VELOSO, D. Lignina isolada da palha de milho utilizada com indicador em ensaios de digestibilidade. Estudo comparativo. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** V.54, n.1, 2002.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 235pp., 2002.

SILVA, R. R.; PRADO, I. N.; SILVA, F. F.; SANTANA JÚNIOR, H. A.; CARVALHO, G. G. P.; CARDOSO, E.O.; MARQUES, J. A.; MNEDES, F. B. L.; PAIXÃO, M. L. Impactos do manejo do uso do óxido crômico sobre o desempenho de bovinos Nelore suplementados em pastagens de *Brachiaria brizantha*. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.4, 893-906, 2009.

SUNVOLD, G. D.; R. C. COCHRAN. Technical note: Evaluation of acid detergent lignin, alkaline peroxide lignin, acid insoluble ash, as internal markers for prediction of alfalfa, brome grass, and prairie hay digestibility by beef steers. **J. Anim. Sci.**, v.69, 4951-4955, 1991.



THONNEY, M. L.; PALHOF, B. A.; DECARLO, M. R.; ROSS, D. A.; FIRTH, N. L.; QUAAS, R. L.; PEROSIO, D. J.; DUHAIME, D. J.; ROLLINS, S. R.; NOUR, A. Y. M. 1984. Sources of variation of dry matter digestibility measured by the acid insoluble ash marker. **J. Dairy Sci.**, v.68, n.3, 661-668.

TRINDADE, J. K. 2007. **Modificações na estrutura do pasto e no comportamento ingestivo de bovinos durante o rebaixamento do capim-Marandu submetido a estratégias de pastejo rotacionado.** Dissertação-Mestrado em Ciência Animal e Pastagens. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 162 p.

VAN SOEST, P. J. 1994. **Nutritional Ecology of the Ruminant.** 2ed. New York: Cornell University Press. 476p.

WANYOIKE, M. M.; HOLMES, W. A. Comparison of indirect methods of estimating feed intake on pasture. **Grass and Forage Science**, v.36: 221-225, 1981.

WARNER, A. C. I. Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds. **Nutrition Abstracts and Reviews**, v. 51, p.789-820, 1981.

ZEOULA, L. M.; KASSIES, M. P.; FREGADOLLI, F. L.; PRADO, I. N.; BRANCO, A. F.; CALDAS NETO, S. F.; DALPONTE A. O. Uso de indicadores na determinação da digestibilidade parcial e total em bovinos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 22, n. 3, 771-777, 2000.

ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N.; DIAN, P. H. M.; GERON, L. J. V.; CALDAS NETO, S. F.; MAEDA, E. M.; PERÓN, P. D. P.; MARQUES, J. A.; FALCÃO, A. J. S. Recuperação fecal de indicadores internos avaliados em ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, 1865-1874, 2002.

ZIMERMANN, F. C.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; SOUZA, L. G. E.; ZUNINO, J. C.; SILVA, M. A. Avaliação do óxido de cromo misturado na ração peletizada para a estimativa da produção fecal. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia. CD ROM.