



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CAMPUS IV – CHAPADINHA - MA
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL



ROMÁRIO FERREIRA DE MATOS

**INDICADORES INTERNOS E EXTERNOS PARA ESTIMATIVA DA
DIGESTIBILIDADE APARENTE DA MATÉRIA SECA EM OVINOS**

CHAPADINHA, MA

2017

ROMÁRIO FERREIRA DE MATOS

**INDICADORES INTERNOS E EXTERNOS PARA ESTIMATIVA DA
DIGESTIBILIDADE APARENTE DA MATÉRIA SECA EM OVINOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Miguel Arcanjo
Moreira Filho

CHAPADINHA, MA
2017

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Ferreira de Matos, Romário.

Indicadores internos e externos para estimativa da digestibilidade aparente da matéria seca em ovinos / Romário Ferreira de Matos. - 2017.

37 f.

Orientador(a): Miguel Arcanjo Moreira Filho.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (25.06)/ccaa, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2017.

1. Acurácia. 2. Análise de robustez. 3. Precisão. I. Arcanjo Moreira Filho, Miguel. II. Título.

ROMÁRIO FERREIRA DE MATOS

**INDICADORES INTERNOS E EXTERNOS PARA ESTIMATIVA DA
DIGESTIBILIDADE APARENTE DA MATÉRIA SECA EM OVINOS**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciência Animal da
Universidade Federal do Maranhão, para
obtenção do título de Mestre em Ciência
Animal.

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Miguel Arcanjo Moreira Filho
Presidente
Universidade Federal do Maranhão-UFMA

Prof. Dr. José Lindenberg Rocha Sarmiento
Membro Externo
Universidade Federal do Piauí-UFPI

Prof. Dr. Marcônio Martins Rodrigues
Membro Interno
Universidade Federal do Maranhão-UFMA

À minha família, amigos
e aos meus professores.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À minha família, meu pai Jorge Brasilino de Matos e minha mãe Francisca Ferreira de Matos que sempre estiveram presentes durante todas as etapas da minha vida, me dando força, apoio e confiança para seguir em frente durante todos os momentos.

A Gildene da Silva Brito, pela paciência, companheirismo e incentivo.

Aos meus irmãos Geovane Ferreira de Matos e Jorge Brasilino de Matos Júnior pelo companheirismo de todas as horas.

Ao meu sobrinho Pedro Nicolas e meu afilhado Paulo Júnior (Paulinho).

A minha tia Lenir pelo incentivo nos estudos.

Aos meus primos Darlene, Milena, Lucas e Emerson.

Ao professor Dr. Miguel Arcanjo Moreira Filho pela orientação, paciência e dedicação nesse projeto.

Ao prof. Max Brandão, da Universidade Federal do Piauí, pelo apoio na estatística dos dados.

Agradeço aos meus professores do ensino fundamental e médio, em especial aos professores Antenor Neto (Física) e Lúcia Reinaldo (Biologia).

Aos professores do curso de Ciências Biológicas do CCAA-UFMA pela contribuição na minha formação acadêmica e por incentivar a continuar na busca do saber científico.

Aos colegas da escola Agostinho Ribeiro, Gilmar, Rafael e Jairo; na escola Raimundo Araújo, aos amigos Leni, Rose, Matias e Walter.

Aos amigos da turma de Biologia 2010.1, Raimunda Silva, Katharine Batista, Deizi Cristina, Raiana Cristina, Crisóstomo Marques, Larissa Penha, Keila Cruz, Lêdia Feitosa, Karla Lílían e Fabrícia Ribeiro.

“Os caminhos que conduzem o homem ao saber são tão maravilhosos quanto o próprio saber”

Johannes Kepler

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1: Composição química dos ingredientes das rações	20
Tabela 2: Composição percentual e química das rações	21
Tabela 3: Matriz de correlação de Pearson da produção total de matéria seca fecal estimada com uso de indicadores com a obtida pela coleta total em ovinos ..	27
Tabela 4. Recuperação fecal obtida com indicadores para estimativas da digestibilidade aparente da matéria seca em ovinos	28
Tabela 5. Acurácia e precisão da estimativa da digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) observada pela coleta total de fezes e a determinada com uso de indicadores em ovinos	29
Tabela 6. Robustez (coeficiente angular, R^2 e probabilidade) da estimativa da digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) determinada com uso de indicadores em ovinos	31

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	9
ABSTRACT	10
1 Introdução	11
2 Revisão bibliográfica	13
2.1 Consumo e digestibilidade da matéria seca em ovinos	13
2.2 Indicadores de digestibilidade aparente da matéria seca em ovinos	14
2.3 Acurácia, precisão e robustez	15
2.4 Feno de ponta de cana-de-açúcar hidrolisado com ureia ou óxido de cálcio	17
3 Material e Métodos	19
4 Resultados e Discussão	26
5 Conclusão	32
6 Referências	33

MATOS, R.F. **Indicadores internos e externos para estimativa da digestibilidade aparente da matéria seca em ovinos**. 2017. 37f. Dissertação (Dissertação em Ciência Animal) – Universidade Federal do Maranhão, 2017.

Resumo: Objetivou-se avaliar a acurácia e precisão das estimativas da digestibilidade aparente da matéria seca obtidas com uso de indicadores internos e externos em ovinos alimentados com dietas contendo feno de ponta de cana-de-açúcar não tratado ou tratado com ureia ou óxido de cálcio. Também, foi avaliada a robustez dos indicadores em relação à variação do consumo de matéria seca (CMS) e ao peso vivo (PV) médio dos animais. Foram utilizados 20 ovinos machos, não castrados, mestiços sem padrão de raça definido (SPRD) x Santa Inês, com peso vivo médio $29,64 \pm 5,53$ kg e idade de aproximadamente 12 meses, em delineamento em blocos ao acaso, com base no peso vivo. As estimativas da produção total de matéria seca fecal e da digestibilidade da MS e dos nutrientes foram realizadas pelo método da coleta total de fezes e com uso de indicadores internos, representados pelos constituintes indigestíveis MSi, FDNi e FDAi e do indicador externo dióxido de titânio (TiO_2), sendo os indicadores os tratamentos e os animais os blocos. A acurácia dos indicadores foi avaliada pelo viés médio, que é a diferença entre o valor predito pelo indicador e o valor observado pela coleta total de fezes, sendo considerado o indicador mais acurado o que apresentar viés médio mais próximo de zero. A precisão, uma medida de dispersão entre os valores preditos e observados, representa a variabilidade média da distância entre esses valores e foi avaliada pela raiz quadrada média do erro de predição. A análise de robustez de cada indicador foi realizada regredindo-se o viés em função das variáveis CMS e peso vivo médio. O TiO_2 apresentou taxa de recuperação fecal (TRF) inferior a 100% e para os indicadores internos MSi, FDNi e FDAi a TRF foi superior a 100%. Houve diferença para o viés médios ($P < 0,05$), o que demonstra haver diferença dos indicadores quanto a sua acurácia para as estimativas da produção fecal e, conseqüentemente, das estimativas da digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) em ovinos. Os indicadores internos MSi, FDNi e FDAi são recomendados para estimativas da produção total de matéria seca fecal e da digestibilidade da MS, pois os resultados obtidos por estes não são influenciados pelo CMS e peso vivo do animal.

Palavras-chave: Acurácia. Análise de robustez. Precisão.

Internal and external markers to estimate apparent digestibility of dry matter in sheep.

Abstract: The objective of this study was to evaluate the accuracy and precision of the apparent dry matter digestibility estimates obtained using internal and external markers in sheep fed diets containing sugar-cane-tip hay or treated with urea or calcium. Also, it was evaluated the robustness of the markers in relation to the variation of dry matter intake (CMS) and the mean live weight (PV) of the animals. Were used 20 male, uncastrated, mestizos without defined breed pattern (SPRD) x Santa Inês, with a mean live weight of 29.64 ± 5.53 kg and age of approximately 12 months, in randomized block design, based on live weight. Estimates of total fecal dry matter yield and digestibility of DM and nutrients were performed using the method of total fecal collection and using internal markers, represented by the indigestible constituents MSi, FDNi and FDAi and the external indicator titanium dioxide (TiO_2). Accuracy of the markers was evaluated by the mean bias, which is the difference between the value predicted by the indicator and the value observed by the total collection of feces, the most accurate indicator being considered, which presents a mean bias closer to zero. Precision, a measure of dispersion between predicted and observed values, represents the mean distance variability between these values and was evaluated by the mean square root of the prediction error. The robustness analysis of each indicator was performed by regressing the bias according to the CMS variables and PV. TiO_2 presented a faecal recovery rate (TRF) of less than 100% and for the internal markers MSi, FDNi and FDAi. TRF was greater than 100%. There was a difference for the mean bias ($P < 0.05$), which shows that there are differences in the markers regarding their accuracy for fecal yield estimates and, consequently, estimates of apparent dry matter digestibility (DMS) in sheep. The estimated of digestibility of dry matter (DMS) for internal markers MSi, FDNi and FDAi are recommended because the results obtained by these are not influenced by the CMS and PV.

Keywords: Accuracy. Precision. Robustness analysis.

1 Introdução

Na região Nordeste do Brasil, a sazonalidade de produção de forragem acarreta em baixa disponibilidade de alimentos volumosos e aumento no preço dos alimentos concentrados para ovinos, tornando necessária a utilização de alimentos alternativos, principalmente no período seco do ano. Assim, alimentos regionais são amplamente utilizados na alimentação animal, proporcionando a necessidade de estudos de técnicas para melhorar o valor nutritivo destes alimentos, como por exemplo, o tratamento químico com ureia e óxido de cálcio.

A quantidade de energia nas dietas para ovinos é determinada, principalmente, por três componentes dos alimentos: o extrato etéreo, em virtude de sua elevada densidade energética; o teor de carboidratos não-fibrosos, em função de sua alta digestibilidade; e a digestibilidade dos carboidratos fibrosos, em virtude do elevado nível destes na composição das dietas para ruminantes. Segundo Robinson, Givens, Getachew (2004), estes fatores tornam necessário o desenvolvimento de estimativas mais acuradas da digestibilidade da matéria seca aparente.

Dentre as formas de se avaliar a digestibilidade *in vivo* da matéria seca, podemos destacar: a avaliação direta, com uso de animais em gaiolas metabólicas ou bolsas coletoras de fezes adaptadas aos animais, sendo estes métodos onerosos e que podem causar *stress* aos animais, pela mudança no manejo e das instalações; e o método de avaliação indireta, com estimativas com uso de indicadores internos e externos.

Os indicadores internos são substâncias contidas na composição dos alimentos, sendo os mais usuais as frações indigestíveis da matéria seca (MSi), fibra em detergente neutro (FDNi), fibra em detergente ácido (FDAi) e lignina (LIGi). Os indicadores externos são substâncias adicionadas à dieta, porém não são metabolizadas pelo animal,

sendo os mais comuns o óxido de cromo (Cr_2O_3), dióxido de titânio (TiO_2) e LIPE (lignina purificada e enriquecida de eucalipto).

Cada indicador externo, principalmente, apresenta uma particularidade, em que o Cr_2O_3 é um composto perigoso à saúde de quem o manipula, por ter propriedades carcinogênicas, o LIPE é extraído de vegetais, no entanto sua avaliação é centralizada, podendo ser realizada somente em um Laboratório no Brasil e o TiO_2 é fácil de ser manipulado, pode ser adicionado diretamente à dieta ou fornecido em cápsulas, sem os entraves supracitados do Cr_2O_3 e LIPE, o que tem propiciado resultados satisfatórios em pesquisas (Ferreira et al., 2009).

Os indicadores têm sido utilizados (Stein et al., 2006; Kozloski et al., 2009; Rodrigues et al., 2010) para estimativa da produção de matéria seca fecal e da digestibilidade da matéria seca, no entanto, a recuperação destes nas fezes pode ser influenciada por fatores relacionados à dieta (tipo de alimento, relação volumoso:concentrado, composição química) e aos animais (raça, idade, peso), o que torna importante a avaliação da acurácia, precisão e robustez das estimativas da digestibilidade da matéria seca em ovinos, levando em consideração o consumo de matéria seca e o peso vivo médio.

Diante deste contexto, objetivou-se avaliar a acurácia e precisão das estimativas da digestibilidade aparente da matéria seca obtidas com uso de indicadores internos e externo em ovinos alimentados com dietas contendo feno de ponta de cana-de-açúcar não tratado ou tratado com ureia ou óxido de cálcio. Também, objetivou-se avaliar a robustez dos indicadores em relação à variação do consumo de matéria seca e ao peso vivo médio dos animais.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Consumo e digestibilidade da matéria seca em ovinos

A digestibilidade aparente de um alimento representa a quantidade do alimento que foi ingerido e não foi excretado nas fezes, não considerando a matéria metabólica fecal. Contudo, a digestibilidade verdadeira é obtida quando se desconta a perda de matéria metabólica fecal, sendo esse valor sempre superior à digestibilidade aparente, com exceção da parte fibrosa do alimento, em que os valores de digestibilidade verdadeira e aparente são iguais nos animais ruminantes.

O consumo e a digestibilidade aparente da matéria seca são influenciados por vários fatores, como o padrão genético dos animais, o teor de nutrientes da dieta, pelos efeitos associativos entre os alimentos, pela relação entre volumoso e concentrado e, também, pelo processamento dos alimentos (Gomes et al., 2012).

Para a nutrição animal, o consumo e a digestibilidade da matéria seca possuem grande relevância, pois o seu conhecimento possibilita o estabelecimento das quantidades ideais de nutrientes necessários que irão atender às exigências de manutenção e de produção dos animais. Na formulação de dietas que visem incrementar a eficiência dos alimentos na produção animal é de suma importância o conhecimento do valor nutritivo dos alimentos, quanto à composição química e a digestibilidade.

Para avaliação do valor nutritivo de um alimento, além de sua composição química, aspectos relacionados à extensão da digestão e à taxa de fermentação são de grande relevância, uma vez que esses parâmetros estão diretamente envolvidos no controle do consumo de matéria seca. Esses processos envolvem taxas de passagem de substâncias não digestíveis, e abrangem a taxa de digestão e digestibilidade de nutrientes. Portanto, a digestibilidade e a ingestão da matéria seca das forragens são alguns dos atributos que estão diretamente relacionados com a produção do animal.

Esses fatores são influenciados pela proporção de parede celular, pelas estruturas fibrosas que durante os processos de mastigação e digestão são quebrados em partículas menores (Santos et al., 2014) e que podem interferir na recuperação dos indicadores nas fezes, surgindo, assim, a importância de se avaliar a eficiência das estimativas da digestibilidade com uso de indicadores em ovinos.

2.2 Indicadores de digestibilidade aparente da matéria seca em ovinos

Indicador de digestibilidade é uma substância usada como referência para estimar aspectos químicos e físicos da digestão, a qual deve ser considerada indigestível ou inerte, normalmente de fácil determinação podendo ser administrados com o alimento ou diretamente em algum segmento do aparelho digestório, sendo posteriormente identificado e quantificado nas fezes ou ao final do segmento em estudo.

Os indicadores podem ser internos, os quais ocorrem naturalmente na composição do alimento ou externos, os quais são adicionados à ração ou administrado via oral ou intraruminal (Zeuola et al., 2002). São utilizados para estimar, de maneira indireta, a quantidade ingerida de alimentos ou nutrientes específicos, a taxa de passagem da digesta pelo trato digestório e a digestibilidade de todo alimento ou nutrientes específicos (Véras et al., 2005).

Existe uma diversidade de substâncias que podem ser utilizadas como indicadores para determinar a digestibilidade em animais ruminantes, constituindo-se excelentes ferramentas experimentais e de baixo custo, quando comparadas ao método da coleta total de fezes com animais em gaiolas metabólicas.

A formulação e determinação da quantidade de ração a ser fornecida exige, no momento, a necessidade de um método rápido e menos oneroso, que seja preciso e acurado para medir a digestibilidade aparente da matéria seca em ovinos, visando

atender às exigências nutricionais em MS e nutrientes digestíveis. Assim, têm sido realizados diversos estudos, como os de Rodrigues et al. (2010) e Kozloski et al. (2009) em ovinos e Stein et al. (2006) e Gobesso et al. (2011) em equinos, com o objetivo de se obter indicadores para estimar a digestibilidade da matéria seca dos alimentos de forma precisa e acurada (Capelle et al., 2001), além do objetivo de tornar os métodos de estimativa da digestibilidade mais práticos, econômicos e menos laboriosos.

Na determinação da digestibilidade da matéria seca, é de grande importância a adoção de métodos indiretos com uso de indicadores, apresentando vantagens sobre a coleta total de fezes, a exemplo da simplicidade e conveniência de utilização, além de proporcionar um grande número de informações, como a quantidade ingerida de alimentos ou nutrientes específicos, a taxa de passagem da digesta por todo o trato digestivo e a digestibilidade de todo alimento ou nutrientes específicos (Véras et al., 2005).

A digestibilidade da matéria seca do alimento representa a capacidade do animal em utilizar seus nutrientes, em maior ou menor escala, expressa pelo coeficiente de digestibilidade do nutriente em avaliação, sendo uma característica do alimento e não do animal (Véras et al., 2005).

Ao utilizarem indicadores externos e internos para avaliar a digestibilidade dos nutrientes, Ferreira et al. (2009) observaram que estes apresentaram valores semelhantes à coleta total de fezes.

2.3 Precisão, Acurácia e Robustez

A precisão de uma estimativa está relacionada com o seu intervalo de confiança, sendo que, quanto menor for esse intervalo de confiança, maior será a

precisão da estimativa, assim o valor real verificado não influencia na precisão de uma estimativa (Monico et al., 2009).

A acurácia em uma estimativa é relacionada com a distância do valor real sem qualquer influência do intervalo de confiança adotado. Assim, quanto menor for a distância entre o valor real e sua estimativa, maior será a acurácia. A acurácia é, geralmente, utilizada para indicar a qualidade de uma grandeza (Monico et al., 2009).

Para quantificar a robustez de um método são necessárias medidas entre uma variável e uma função de influência. A robustez geralmente utiliza a distribuição t com baixos graus de liberdade (de 4 a 6) ou uma mistura de duas ou mais distribuições. A avaliação da robustez das estimativas dos indicadores pode ser obtida por meio de análise de regressão entre o viés calculado em função das variáveis consumo de matéria seca, tratamento químico do volumoso e peso vivo médio.

As comparações em pares de indicadores utilizam os coeficientes angulares das retas (comparação de retas), por meio da análise de variância (teste F), verificando a significância da interação entre as variáveis e os indicadores (Rodrigues et al., 2010). De acordo com estes autores, um determinado indicador pode ser acurado e não ser preciso ou vice-versa, dependendo do objetivo da utilização dos dados observados.

Ao determinarem a acurácia, precisão e robustez das estimativas da digestibilidade da matéria seca, obtidas por indicadores para produção fecal, internos ou externos, Rodrigues et al. (2010) observaram que utilizando a FDAi as respostas são mais acuradas e pelo óxido de cromo são mais precisas e concluíram que não se deve selecionar um indicador apenas pela acurácia (proximidade do valor real) ou pela precisão (variabilidade), mas também pela robustez das estimativas, ou seja, pela extensão em que seu viés é influenciado pela variação de fatores relacionados às

condições experimentais, tais como os indicadores avaliados, as dietas ou seus constituintes e os animais (peso vivo).

Para a escolha de um indicador mais apropriado para predição de digestibilidade aparente da matéria seca, deve-se optar por aquele que apresente o melhor desempenho quanto a precisão, acurácia e robustez e que não seja influenciado por outros fatores, tais como consumo e peso vivo (Pombo et al., 2016).

2.4 Feno de ponta de cana-de-açúcar hidrolisado com ureia ou óxido de cálcio

A ponta de cana-de-açúcar é um dos principais subprodutos da indústria sucroalcooleira, correspondendo à porção final da planta com internódios de colmo e folhas, sendo deixada no campo após a colheita da cana, sem queima. Apresenta produção estimada em 18% da produção total de colmos (Barcelos e Rezende, 2002), porém, o elevado teor de fibra e de lignina e baixa proteína bruta e digestibilidade da cana-de-açúcar e de seus subprodutos constituem fatores limitantes à utilização em dietas para ruminantes (Carvalho et al., 2011), recomendando-se proceder tratamentos químicos, tais como os alcalinos por amonização com ureia ou hidrólise com óxido de cálcio (CaO), para melhoria do valor nutritivo.

A amonização de forragens, realizada com ureia ou amônia anidra, tem sido uma das alternativas em melhoria do valor nutritivo de volumosos fibrosos. A forma mais adotada tem sido com ureia (Gobbi et al., 2005; 2008) em razão de ser de fácil aplicação, não poluir o ambiente e, também, fornece nitrogênio não proteico, provoca decréscimo no conteúdo de fibra em detergente neutro (FDN), pela solubilização parcial da hemicelulose e, conseqüentemente, aumenta o consumo e a digestibilidade, além de conservar as forragens com alto teor de umidade, uma vez que para eficiente reação da amônia com a forragem tratada, esta deve apresentar teor de umidade de 30 a 40%. O

uso da amônia anidra é limitado pela dificuldade no manejo e risco de intoxicação e elevado custo do tratamento.

O tratamento com ureia melhora a composição química da forragem devido ao aumento do teor de N e redução nas frações fibrosas, FDN e FDA, assim contribui para melhoria da digestibilidade da MS (Freitas et al., 2005). Segundo Sarmiento et al. (1999), a amonização utilizando-se ureia resulta no aumento da digestibilidade *in vitro* da matéria seca, PB e NIDA e diminuição da FDN e hemicelulose. Entretanto, a MS e FDA não foram influenciadas.

Resultados semelhantes para o tratamento de volumosos são observados quando do uso de CaO ou ureia, com a diferença do CaO não fornecer NNP, exigir umidade de 70% para eficiente ação nos constituintes fibrosos (Ribeiro et al., 2009) e não possui a ação fungistática, o que exige que a forragem, após tratamento, seja desidratada para armazenamento. Estes álcalis melhoram o valor nutritivo da forragem (Murta et al., 2011) pela quebra de ligações químicas entre moléculas de lignina e hemicelulose, com ruptura de pontes de hidrogênio entre moléculas de celulose, havendo expansão e, conseqüentemente, facilitação do ataque dos micro-organismos às frações fibrosas, incrementando-se assim, a degradação da MS (Moraes et al., 2008; Pires; Carvalho, Ribeiro, 2010).

O tratamento químico com álcalis sobre os constituintes da parede celular apresenta efeitos variáveis, podendo aumentar, diminuir ou não influenciar a quebra de ligações entre constituintes da parede celular, em razão das proporções do produto químico utilizadas, das condições de reação e métodos de avaliação da digestibilidade (Freitas et al., 2011).

3 Material e Métodos

O Experimento foi realizado no Galpão de Metabolismo e as análises no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI.

Para preparo e confecção do feno, a ponta da cana-de-açúcar foi colhida em período regular de colheita em canavial de primeiro corte, então foi triturada em máquina forrageira, sem peneira, e fenada ao sol, durante 48 horas. O feno foi dividido em cinco partes, sendo uma para armazenamento não tratado e as demais submetidas aos tratamentos químicos com ureia nos níveis 3 e 6% e com óxido de cálcio (CaO) nos níveis 1,5 e 3%, com base na matéria seca (MS).

Para a amonização, a ureia foi dissolvida em quantidade de água suficiente para elevar o teor de umidade do feno a 30% (Gobbi et al., 2005), sendo distribuída uniformemente sobre o material com auxílio de um regador. O feno tratado com ureia foi devidamente acondicionado em local aberto e arejado, sobre estrados de madeira e vedados com lona plástica. Após 35 dias de ação da amônia, a lona foi retirada e o material submetido à aeração por 48 horas, visando eliminar o excesso de amônia residual.

Para o tratamento do feno com CaO, este foi diluído em quantidade de água suficiente para elevar o teor de umidade da forragem a aproximadamente 70% (Ribeiro et al., 2009). O material tratado foi acondicionado em baldes plásticos, de 200 L, que permaneceram em ambiente aberto e arejado por 48 horas. Em seguida, a forragem foi desidratada ao sol por 12 horas, visando obter umidade ideal para armazenamento (12 a 20%).

Após o período de aeração e desidratação, os fenos de ponta de cana-de-açúcar não tratado e o hidrolisado com ureia e CaO foram triturados em máquina forrageira,

com uso de peneira, à partículas de 2,5 a 3,0 cm e constituíram base volumosa das dietas totais, isoprotéicas, para ovinos em terminação, com relação volumoso:concentrado de 40:60, balanceadas segundo NRC (2007) para ganho de peso diário de 300 g.

A composição química de MS e proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e valor energético (EB), foi determinada segundo metodologias da AOAC (2012), o teor de fibra em detergente neutro (FDNcp), segundo Van Soest, Robertson, Lewis (1991) e em detergente ácido (FDAcp) corrigido para cinzas e proteína e o teor de lignina (LIG), pelo método de Van Soest et al. (1963). Avaliou-se, com base no N total, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e em detergente ácido (NIDA), segundo metodologias descritas por Licitra, Hernandez, Van Soest (1996).

Calculou-se os teores de matéria orgânica (MO), celulose (CEL) e hemicelulose (HEM) pelas fórmulas $MO = 100 - MM$, $CEL = FDAcp - LIG$ e $HEM = FDNcp - FDAcp$, respectivamente. O teor de carboidratos não fibrosos (CNF) e os carboidratos totais (CHOT) foram estimados segundo fórmulas propostas por Detmann e Valadares Filho (2010), $CNF = 100 - [(\%PB - \%PB_{ureia} + \%ureia) + \%FDNcp + \%EE + \%MM]$, onde $\%PB$ = proteína bruta da dieta; $\%PB_{ureia}$ = proteína bruta proveniente da ureia na ração e $\%ureia$ = % de ureia na ração; e $CHOT = CNF + FDNcp$. (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Composição química dos ingredientes das rações.

Item	FPC	FPC _{U3%}	FPC _{U6%}	FPC _{CaO1,5%}	FPC _{CaO3%}	Milho	Farelo de soja
Matéria seca (% da MN)	87,74	85,64	85,59	89,94	89,51	90,50	91,21
<i>% da MS</i>							
Matéria Orgânica	94,43	94,55	95,63	92,48	92,36	98,76	93,04
Proteína bruta	4,60	10,36	17,46	5,19	4,18	8,72	49,58

Extrato etéreo	1,24	0,88	0,89	1,60	1,37	4,14	0,91
Matéria mineral	5,57	5,45	4,37	7,52	7,64	1,24	6,96
FDNcp	80,32	78,77	74,46	78,15	80,99	10,98	14,35
FDACP	47,52	48,90	46,10	45,52	48,84	4,62	9,77
Hemicelulose	32,80	29,87	28,36	32,63	32,15	6,36	4,58
Celulose	42,11	43,90	41,80	41,11	42,99	3,59	8,31
Lignina	5,41	5,00	4,30	4,41	5,85	1,03	1,46
Carboidratos totais	88,59	87,02	85,57	85,69	86,81	85,90	42,55
CNF	8,27	8,25	11,11	7,54	5,82	74,92	28,20
<i>% do N total</i>							
NIDN	31,73	23,95	21,18	31,27	29,86	3,75	5,70
NIDA	23,35	17,68	12,14	25,88	27,84	1,57	2,71

FPC = feno de ponta de cana-de-açúcar não hidrolisado; FPC_{U3%} = feno de ponta de cana-de-açúcar hidrolisado com 3% de ureia; FPC_{U6%} = feno de ponta de cana-de-açúcar hidrolisado com 6% de ureia; FPC_{CaO1,5%} = feno de ponta de cana-de-açúcar hidrolisado com 1,5% de óxido de cálcio; FPC_{CaO3%} = feno de ponta de cana-de-açúcar hidrolisado com 3% de óxido de cálcio; MN = matéria natural; N = nitrogênio; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDAcp = fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína; CNF = carboidratos não fibrosos; NIDN = nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido.

Tabela 2. Composição percentual e química das rações.

Ingrediente/nutriente	Rações				
	FPC	FPC _{U3%}	FPC _{U6%}	FPC _{CaO1,5%}	FPC _{CaO3%}
<i>Composição centesimal</i>					
FPC não hidrolisado	40,23	0,00	0,00	0,00	0,00
FPC com 3% de ureia	0,00	40,37	0,00	0,00	0,00
FPC com 6% de ureia	0,00	0,00	40,00	0,00	0,00
FPC com 1,5% de CaO	0,00	0,00	0,00	40,23	0,00
FPC com 3% de CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	40,13
Farelo de soja	20,96	19,81	14,01	20,53	21,42
Milho em grão triturado	38,18	39,76	45,93	38,70	37,91
Ureia	0,57	0,00	0,00	0,48	0,48
Flor de enxofre	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<i>Composição química</i>					
Matéria seca (% da MN)	89,60	88,68	88,64	90,47	90,31
<i>% da MS</i>					
Matéria orgânica	95,20	95,87	96,65	94,53	94,43

Proteína bruta	17,17	17,47	17,94	17,00	16,95
Extrato etéreo	2,27	2,18	2,38	2,43	2,31
Matéria mineral	4,17	4,07	3,29	4,93	5,03
FDNcp	39,51	39,01	36,84	38,64	39,74
FDACP	22,93	23,51	21,93	22,11	23,44
Hemicelulose	16,58	15,49	14,91	16,53	16,29
Celulose	20,05	20,80	19,53	19,63	20,39
Lignina	2,88	2,72	2,40	2,47	3,05
Carboidratos totais	77,35	77,71	79,64	76,45	76,52
Carboidratos não fibrosos	37,84	38,71	42,81	37,82	36,78
<i>% do N total</i>					
NIDN	15,39	12,29	10,99	15,20	14,63
NIDA	10,56	8,30	5,96	11,58	12,35

FPC = feno de ponta de cana-de-açúcar não hidrolisado; FPC_{U3%} = feno de ponta de cana-de-açúcar hidrolisado com 3% de ureia; FPC_{U6%} = feno de ponta de cana-de-açúcar hidrolisado com 6% de ureia; FPC_{CaO1,5%} = feno de ponta de cana-de-açúcar hidrolisado com 1,5% de óxido de cálcio; FPC_{CaO3%} = feno de ponta de cana-de-açúcar hidrolisado com 3% de óxido de cálcio; MN = matéria natural; N = nitrogênio; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDAcp = fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína; NIDN = nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido.

Foram utilizados 20 ovinos machos, não castrados, mestiços sem padrão de raça definido (SPRD) x Santa Inês com peso vivo médio de 29,64±5,53 Kg e com aproximadamente 12 meses de idade, mantidos em gaiolas metabólicas, com acesso às rações, fornecidas às 8 e 15 h, de forma a proporcionar sobras de 20% em relação ao consumo do dia anterior, com fornecimento de água e suplemento mineral à vontade.

O período de coleta das rações fornecidas, sobras e fezes teve duração de cinco dias, sendo precedido de uma adaptação dos animais às instalações, à iluminação noturna e às dietas por sete dias, totalizando 12 dias de experimento. As sobras foram coletadas antes de cada refeição e as fezes após fornecimento das dietas (às 9 e 16 h), retirando-se amostras de 20%, que então foram acondicionadas em sacos plásticos e conservadas em freezer (-5 a -10°C). O consumo de MS foi estimado pela diferença entre MS da ração fornecida e MS das sobras.

Ao final do período de coletas, as amostras foram degeladas e homogeneizadas, formando amostras compostas por animal, sendo, em seguida, submetidas à pré-secagem em estufa com circulação forçada de ar a $60\pm5^{\circ}\text{C}$, por 72 h e trituradas, segundo Detmann et al. (2012), em moinho *Willey* a partículas de 1 mm para análise das frações fibrosas e indicadores externos e 2 mm para incubação no rúmen e para demais análises químicas.

As estimativas da produção total de matéria seca fecal e da digestibilidade da MS e dos nutrientes foram realizadas pelo método da coleta total de fezes e com uso de indicadores internos, representados pelos constituintes indigestíveis MSi, FDNi e FDAi e do indicador externo dióxido de titânio (TiO_2).

A digestibilidade aparente da MS, pela coleta total de fezes, foi obtida pela fórmula: $\text{Dig}(\%) = [(N_{\text{IN}} - N_{\text{F}}) \div N_{\text{IN}}] \times 100$, em que: N_{IN} = nutriente ingerido e N_{F} = nutriente nas fezes.

O TiO_2 foi administrado por via oral, com auxílio de cano de PVC, sempre às 14 h (antes da segunda refeição) (Kozloski et al., 2006) e por todo o período de coleta (cinco dias), em dose única de 4 g/animal/dia, precedido por um período de adaptação de sete dias. O TiO_2 nas fezes foi determinado por espectrofotômetro UV/visível, segundo metodologias descritas por Detmann et al. (2012).

Para avaliação dos indicadores internos, amostras de rações, sobras e fezes foram incubadas em um bovino fistulado, por 264 h (Casali et al., 2008), utilizando-se sacos de náilon com porosidade 50 μm , medindo 12,0 $\times$ 8,0 cm, com aproximadamente 4 g da amostra moída em peneira de 2,0 mm. Após o período de incubação, os sacos foram lavados em água corrente e colocados em estufa com circulação forçada de ar à $60\pm5^{\circ}\text{C}$, por 72 h, para posteriores análises da fração indigestível da MS, segundo metodologia

da AOAC (2012) e da FDN e FDA, segundo método de Van Soest, Robertson, Lewis (1991).

Para cálculo da recuperação fecal dos indicadores (REF) e estimativa da produção total de matéria seca fecal (PF) com uso de indicadores, as fórmulas descritas por Zeoula et al. (2002) foram adotadas, sendo $REF(\%) = (PF_I \div PF_{CT}) \times 100$, com PF_I = produção fecal estimada pelo indicador (gMS/dia) e PF_{CT} = produção fecal estimada pela coleta total de fezes (gMS/dia); e, $PF(g/dia) = II \div IF$, com II = indicador ingerido (g/dia) e IF = indicador nas fezes (g/gMS).

A partir dos dados de produção total de matéria seca fecal, foi estimada a digestibilidade pelos indicadores internos ou externos (Dig_I) adotando-se a fórmula descrita por Zeoula et al. (2002), sendo $Dig_I(\%) = [(N_{IN} - N_F) \div N_{IN}] \times 100$, com os nutrientes na MS fecal estimados com uso de indicadores, obtidos pela fórmula $N_F(g) = (PF_I \times \%N_F) \div 100$.

A acurácia dos indicadores foi avaliada pelo viés médio, que é a diferença entre o valor predito pelo indicador e o valor observado pela coleta total de fezes, sendo considerado o indicador mais acurado o que apresentar viés médio mais próximo de zero (Kohn, Kalscheur, Hanigan, 1998). O cálculo do viés médio será realizado pela fórmula:

$$Viés\ médio = \frac{\sum(predito - observado)}{n^{\circ}\ de\ observações}$$

A precisão, uma medida de dispersão entre os valores preditos e observados, representa a variabilidade média da distância entre esses valores (Kohn, Kalscheur, Hanigan, 1998) foi avaliada pela raiz quadrada média do erro de predição (RQMEP), segundo a fórmula:

$$RQMEP = \sqrt{\frac{(\text{predito} - \text{obeservado})^2}{n^\circ \text{ de observações}}}$$

Quando o viés médio se apresentar elevado, ou seja, haver falta de acurácia, foi calculado o erro de predição para corrigir a falta de precisão e acurácia, sendo este definido como o erro restante no modelo de predição, excluindo-se o erro em virtude do viés médio (Kohn, Kalscheur, Hanigan, 1998). O erro de predição foi obtido pela fórmula:

$$\text{Erro de predição} = \sqrt{[RQMEP^2 - (\text{Viés médio})^2]}$$

Adotou-se o delineamento em blocos ao acaso, com quatro blocos definidos com base no peso vivo dos animais, quatro tratamentos (indicadores internos MSi, FDNi e FDAi e externo TiO₂) e um controle (coleta total de fezes) e 20 repetições (animais).

Aos dados de produção total de matéria seca fecal foi realizada análise de correlação de Pearson, ao nível de 5% de significância, com uso do software estatístico R.

Para as análises estatísticas posteriores, os dados foram testados para normalidade dos resíduos, aplicando o teste de Shapiro-Wilk modificado e homocedasticidade de variâncias, pelo teste de Hartley, segundo Ott (1983). Para se comparar a recuperação fecal e a acurácia das estimativas de digestibilidade aparente da matéria seca entre os indicadores, os dados de recuperação e vieses foram submetidos à análise de variância utilizando o software estatístico R e as médias comparadas por teste de Tukey, segundo Sampaio (2002). O teste t para média igual a zero, com uso do software estatístico R, foi utilizado para avaliar a significância dos vieses médios, ao nível de significância de 5%.

Para se comparar a precisão entre os indicadores, os valores do erro de predição foram submetidos ao teste de homogeneidade de variâncias, pelo teste Hartley, segundo Ott (1983), e comparados em pares, utilizando-se o software estatístico R.

O comportamento do erro de predição dos marcadores (vieses) em função da variação dos valores observados de digestibilidade aparente da matéria seca, foi avaliado por análise de regressão linear entre os vieses e a digestibilidade aparente da matéria seca observada (coleta total de fezes), obtendo-se, desta maneira, o viés linear ou coeficiente angular, o coeficiente de determinação do modelo (R^2) e a significância do viés para cada indicador, utilizando o software estatístico R, segundo Kohn, Kalscheur, Hanigan (1998).

A avaliação da robustez de cada indicador foi realizada regredindo-se o viés em função das variáveis selecionadas (consumo de MS e peso vivo médio), utilizando o software estatístico R. A comparação entre os coeficientes angulares das retas foi realizada pela metodologia de comparação de retas, cujo princípio é testar a interação entre a variável selecionada e os indicadores, pela análise de variância (teste F) com os indicadores comparados em pares (Meyer, Machado, Coldebella, 2006).

4 Resultados e Discussão

A produção total de matéria seca fecal pelos indicadores apresentou correlação ($P < 0,05$) positiva com a matéria seca fecal obtida por coleta total de fezes (Tabela 3), sendo superior a 0,90 para os indicadores matéria seca indigestível (MSi) e dióxido de titânio (TiO_2), com valores 0,9073 e 0,9236, respectivamente. Apesar de o indicador TiO_2 apresentar a maior correlação com o método da coleta total de fezes, o mesmo não foi observado quanto a recuperação deste indicador nas fezes (Tabela 4). Na literatura em geral (Rodrigues et al., 2010; Barros et al., 2007; Oliveira Júnior et al., 2004), utilizando o TiO_2 , é obtido valores médios de recuperação fecal próximo de 100%, independentemente de outros fatores estudados.

Ao estudarem a digestibilidade da MS em equinos com uso de indicadores internos (FDAi), Gobesso et al. (2011) observaram coeficientes subestimados para os indicadores em relação à digestibilidade aparente pela coleta total.

Tabela 3. Matriz de correlação de Pearson da produção total de matéria seca fecal estimada com uso de indicadores com a obtida pela coleta total em ovinos

Método de avaliação*	Método de avaliação				
	Coleta total	Matéria seca indigestível	Fibra em detergente neutro indigestível	Fibra em detergente ácido indigestível	Dióxido de titânio
Coleta total	1,0000	0,9073	0,8848	0,7614	0,9236
Matéria seca indigestível		1,0000	0,9664	0,9405	0,8933
FDNi			1,0000	0,9003	0,8880
FDAi				1,0000	0,7904
Dióxido de titânio					1,0000

* FDNi = Fibra em detergente neutro indigestível; FDAi = Fibra em detergente ácido indigestível.

O TiO_2 apresentou taxa de recuperação fecal (TRF) inferior a 100% e para os indicadores internos MSi, fibra em detergente neutro (FDNi) e fibra em detergente ácido (FDAi) a TRF foi superior a 100%. O uso do indicador, interno ou externo, influenciou na TRF, com valor superior quando avaliada com uso da FDAi (140,01%) e a menor para o TiO_2 (84,99%), sendo que com uso da MSi e FDNi não diferiram entre si, 122,09 e 126,94%, respectivamente (Tabela 4).

A recuperação do TiO_2 abaixo de 100% (84,99%) superestima a produção total de MS fecal em comparação à obtida pela coleta total e pode ser explicada pela menor variação deste nas fezes, em comparação aos demais indicadores avaliados, em virtude de problemas causados pela absorção parcial do indicador no trato digestivo ou à sua transformação em outros compostos, o que pode ocasionar subestimava da produção total de matéria seca fecal, levando a ingestão inferior à esperada. Resultado semelhante também foi observado para outros indicadores externos, como o óxido crômico

(Gobesso et al., 2011; Rodrigues et al., 2010), onde os autores relatam ser limitado o tempo necessário para esse indicador alcançar o equilíbrio no trato gastrointestinal, o que leva a grandes variações na recuperação do indicador nas fezes.

Tabela 4. Recuperação fecal obtida com indicadores para estimativas da digestibilidade aparente da matéria seca em ovinos

Item	Indicador			
	Matéria seca indigestível	Fibra em detergente neutro indigestível	Fibra em detergente ácido indigestível	Dióxido de titânio
Número de animais	20	20	20	20
Média (%) ¹	122,09 ^b	126,94 ^b	140,01 ^a	84,99 ^c
Máxima (%)	148,30	164,33	188,36	106,91
Mínima (%)	106,47	107,44	110,96	70,28
Coeficiente de variação (%)	9,82	10,80	14,80	9,79

¹Médias seguidas de letras minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

A TRF acima de 100% foi observada para os indicadores internos MSi, FDNi e FDAi, em virtude da elevada concentração destes nas fezes havendo, conseqüentemente, superestimativa da digestibilidade aparente da matéria seca, fato comprovado, também, pelos valores positivos do viés médio para estes indicadores (Tabela 5). TRF variando de 85 a 140%, como as observadas nesta pesquisa, foram obtidas por Barros et al. (2007) e Rodrigues et al. (2010) tanto para indicadores externos quanto para internos em ovinos.

Tabela 5. Acurácia e precisão da estimativa da digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) observada pela coleta total de fezes e a determinada com uso de indicadores em ovinos

Item	Indicador			
	Matéria seca indigestível	Fibra em detergente neutro indigestível	Fibra em detergente ácido indigestível	Dióxido de titânio
Número de animais	20	20	20	20
DMS observada	70,73	70,73	70,73	70,73
DMS predita	64,33	62,87	59,15	75,21
Viés médio ¹	6,40 ^b	7,86 ^b	11,58 ^a	4,48 ^c
RQMEP ²	6,98	8,46	12,67	5,04
Erro de predição ¹	4,99 ^b	5,93 ^b	9,10 ^a	3,66 ^c
Regressão linear entre o viés médio e a DMS				
Viés linear ³	0,9099 ^a	1,0217 ^a	0,9377 ^a	0,4733 ^b
R ^{2;4}	0,6296	0,7477	0,8472	0,2819
P valor ⁵	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0160

¹Médias seguidas de letras minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

²Raiz quadrada da média do erro de predição

³Coefficiente angular do modelo de regressão entre vieses e digestibilidade aparente da MS observada. Valores na mesma linha, seguidos por letras distintas, diferem entre si pela metodologia de comparação de retas (significante ao nível de 5%).

⁴Coefficiente de determinação do modelo linear de regressão dos vieses em função da digestibilidade aparente da MS.

⁵Probabilidade de aceitação da hipótese nula: Viés linear = 0.

Houve diferença entre os valores de viés médio (P<0,05), o que demonstra haver diferença dos indicadores quanto a sua acurácia para as estimativas da produção fecal e, conseqüentemente, das estimativas da digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) em ovinos.

O TiO₂ apresentou-se mais acurado, uma vez que o menor viés médio foi obtido com uso deste indicador interno (4,48), ao contrário da FDAi que foi classificada como menos acurada, pois apresentou o maior valor (11,58) para o viés médio (Tabela 5). Os vieses médios observados para a FDNi e MSi foram semelhantes (P<0,05) entre si, 6,40 e 7,86, respectivamente. Assim o TiO₂ apresentou a estimativa da digestibilidade da

matéria seca com valor mais próximo ao valor verdadeiro, ou seja, semelhante ao observado pelo método da coleta total de fezes. O efeito observado para a acurácia (Tabela 5) dos indicadores observada nesta pesquisa acompanhou aos valores obtidos para a TRF (Tabela 4).

A DMS com o uso dos indicadores internos FDNi, FDAi e LIGi e o interno óxido crômico (Cr_2O_3) foi avaliada por Rodrigues et al. (2010), os quais observaram TRF inferiores a 100%, havendo subestimativa da produção total de MS fecal, o que levou a observações enviesadas da DMS, ou seja, obtenção de viéses médios negativos. Outros estudos foram realizados por Zeoula et al. (2002), Oliveira Júnior et al. (2004) e Barros et al. (2007) e comportamento semelhante foi observado aos resultados obtidos para indicadores internos e externos. No entanto, os resultados obtidos com uso de indicadores podem variar por diversos fatores, tais como o tipo de indicador, peso vivo do animal, espécie, raça, tipo de alimentação (relação volumoso:concentrado), dentre outros, como comprovado por Oliveira et al. (2003), que obtiveram TRF de 98,8% com uso da FDAi em equinos e Zeoula et al. (2002) e Oliveira Júnior. et al. (2004) que observaram TRF de 100% da FDAi em bovinos.

Houve diferença ($P < 0,05$) entre as medições dos valores do erro de predição para os indicadores avaliados (Tabela 5), sendo que o indicador com o menor valor para o erro de predição foi o TiO_2 (3,66), o que indica maior precisão. O maior valor do erro de predição, portanto o indicador de menor precisão, foi a FDAi, com erro de predição 9,10, sendo os indicadores MSi (4,99) e FDNi (5,93) apresentaram valores equivalentes (mesma precisão).

Os indicadores dióxido de titânio (TiO_2) e matéria seca indigestível (MSi) foram os mais correlacionados com a coleta total de fezes, portanto, mais eficientes na estimativa da produção total de matéria seca fecal. A estimativa da digestibilidade

aparente da matéria seca (DMS) com uso do TiO₂ foi mais acurada e mais precisa. No entanto, para escolha de um indicador, não deve-se levar em consideração somente estas duas premissas, mas, também, a influência de outros fatores relacionados ao experimento e que podem intervir na variação do viés médio da DMS.

Além da precisão e acurácia, a variação dos resultados obtidos com o uso de indicadores para estimativas de DMS pode ser explicada pela interação dos indicadores com variáveis inerentes das condições experimentais, tais como o CMS e o peso vivo do animal, as quais podem influenciar significativamente às estimativas e são avaliadas pela robustez dos dados.

Os coeficientes angulares da regressão linear entre viés médio e o CMS para os indicadores externos MSi, FDNi e FDAi não foram diferentes de zero ($P>0,05$), indicando que estes indicadores foram robustos quanto à variação do CMS pelos animais. Ao contrário, o erro das estimativas da DMS pelo TiO₂ foi influenciado pelo CMS ($P<0,05$), assim, os valores de DMS foram subestimados em maior grau em ovinos com maior CMS (Tabela 6). O CMS pelos animais variou de 851,37 a 1538,33 g/animal/dia (média de $1120,75 \pm 217,43$ g/animal/dia).

Tabela 6. Robustez (coeficiente angular, R^2 e probabilidade) da estimativa da digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) determinada com uso de indicadores em ovinos

Item	Indicador			
	Matéria seca indigestível	Fibra em detergente neutro indigestível	Fibra em detergente ácido indigestível	Dióxido de titânio
<i>Consumo de matéria seca</i>				
Coeficiente angular ¹	0,0069	0,0083	0,0109	0,0060
$R^{2:2}$	0,1601	0,1553	0,1646	0,3458
P valor ³	0,0805	0,0856	0,0759	0,0064
<i>Peso vivo</i>				
Coeficiente	0,0506	0,0732	-0,0477	0,1088

angular ¹				
R ² :2	0,0055	0,0077	0,0020	0,0723
P valor ³	0,7560	0,7123	0,8500	0,2520

¹ Estimativa do coeficiente angular da equação linear de regressão entre os vieses e a respectiva variável independente. Valores na mesma linha foram comparados pela metodologia de comparação da inclinação de retas.

²Coeficiente de determinação do modelo de regressão linear entre vieses e a variável independente estudada.

³Probabilidade de aceitação da hipótese nula: coeficiente angular = 0.

Entretanto, o mesmo não ocorreu para a robustez dos valores obtidos pelos indicadores utilizando como variável independente o peso vivo do animal, uma vez que os coeficientes angulares da regressão linear entre vieses médios e o peso vivo não foram diferentes de zero ($P > 0,05$), logo estes indicadores foram robustos quanto à variação do peso vivo dos ovinos utilizados nesta pesquisa, o qual variou de 19,00 a 38,40 kg (média de $29,64 \pm 5,53$ kg).

Avaliações da produção total de MS fecal e, conseqüentemente da DMS, com uso de indicadores internos ou externos podem apresentar diversas fontes de variações, como observado nesta pesquisa, podendo ser por erros no isolamento dos indicadores internos ou por problemas metodológicos nas análises laboratoriais, principalmente da MS, FDN e FDA. Entretanto, a acurácia das estimativas da DMS em ovinos foi influenciada, nesta pesquisa, pelo CMS pelos animais. No entanto, a falta de robustez com uso do TiO_2 , quando considerado o CMS pelo animal, evidencia que a acurácia das estimativas da DMS com uso de indicadores externos foi influenciada pelo CMS.

5 Conclusão

Os indicadores internos matéria seca indigestível (MSi), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) são recomendados, pois as estimativas da produção total de matéria seca fecal e da

digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) obtidas por estes, pois não são influenciados pelo CMS e peso vivo do animal.

6 Referências

AOAC International. Official methods of analysis of AOAC international, 19th.ed. **Association of Analytical Communities**, Gaithersburg, MD, USA. 2012.

BARCELOS, A.F., REZENDE, A.V. Aproveitamento dos resíduos de destilaria de cachaça de alambique. **Informe Agropecuário**, v.33, n.217, p.74-83, 2002.

BARROS, R.A.M. et al. Avaliação do perfil nictemeral de excreção de indicadores internos e de óxido crômico em ensaios de digestão com ruminantes - **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2102-2108, 2007.

CAPPELLE, E. R. et al. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.

CARVALHO, G.G.P.C. et al. Comportamento ingestivo em caprinos alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.40, n.8, p.1767-1773, 2011.

CASALI, A. O. et al. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimento *in situ*. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.37, n.2, p.335-342, 2008.

DETMANN, E. et al. (Ed.). **Métodos para análise de alimentos**, Suprema, Visconde do Rio Branco, MG. 2012. 214p.

DETMANN, E., VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.4, p.980-984. 2010.

FERREIRA, M.A. et al. Avaliação de indicadores em estudo com ruminantes: digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1568-1573, 2009.

FREITAS, A.W.P. et al. Desempenho de novilhos recebendo dietas à base de cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.11, p.2532-2537, 2011.

FREITAS, J.A.G. Efeito da amonização sobre a composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Revista Científica de Produção Animal**, v.7, n.1, p-26-27, 2005.

GOBBI, K. F. et al. Composição química e digestibilidade *in vitro* do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf tratado com ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.720-725, 2005.

GOBBI, K.F. et al. Leaf tissues degradation of signalgrass hay pretreated with urea and submitted to *in vitro* digestion. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.802-809, 2008.

GOBESSO, A.A.O. et al. Indicadores para estimativa da digestibilidade aparente total em equinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.1, p.264-274, 2011.

GOMES, S. P. et al. Efeito do tamanho de partícula do volumoso e da frequência de alimentação sobre o consumo e a digestibilidade em ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.1, p.137-149, 2012.

KOHN, R.A.; KALSCHEUR, K.F.; HANIGAN, M. Evaluation of models for balancing the protein requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.12, p.3401-3414, 1998.

KOZLOSKI, G.V. et al. Avaliação do uso de frações indigestíveis do alimento como indicadores internos de digestibilidade em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1819-1823, 2009.

KOZLOSKI, G.V. et al. Uso de óxido de cromo como indicador da excreção fecal de bovinos em pastejo: variação das estimativas em função do horário de amostragem. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.599-603, 2006.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Journal of Animal Science Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.

MEYER, P.M.; MACHADO, P.F.; COLDEBELLA, A. Validação de modelos de predição de nitrogênio ureico no leite, estimando-se o consumo individual pelo consumo do rebanho. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.28, n.1, p.73-79, 2006.

MONICO, J.F.G.; et al. Acurácia e precisão: revendo os conceitos de forma acurada. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v.15, n.3, p.469-483, 2009.

MORAES, K.A.K. et al. Parâmetros nutricionais de novilhas de corte alimentadas com cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio e diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1301-1310, 2008.

MURTA, R.M. et al. Desempenho e digestibilidade aparente dos nutrientes em ovinos alimentados com dietas contendo bagaço de cana-de-açúcar tratado com óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.6, p.1325-1332, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. 7th. ed., Washington, D.C.: **National Academic Press**. 2007.

OLIVEIRA JÚNIOR, R.C. et al. Avaliação de marcadores para estimar a digestibilidade dos nutrientes em novilhos nelore alimentados com dietas contendo alto teor de concentrado e fontes nitrogenadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.749-758, 2004.

- OLIVEIRA, C.A.A. et al. Estimativa da digestibilidade de nutrientes em dietas para equinos, com o uso de óxido crômico e indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p. 1681-1689, 2003.
- OTT, R.L. **An introduction to statistical methods and data analysis**. Wadsworth, 1983. 354p.
- PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O. Chemical treatment of roughage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, Supl. Spe, p.192-203, 2010.
- POMBO, G. V. et al. Acurácia, precisão e robustez de indicadores internos para predição da digestibilidade aparente total da matéria seca em equinos. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**.v.68, n.3, p.769-775, 2016.
- RIBEIRO, L.S.O. et al. Degradabilidade da matéria seca e da fração fibrosa da cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio ou óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.3, p.573-585. 2009.
- ROBINSON, P.H.; GIVENS D.I; GETACHEW, G. Evaluation of NRC, UC Davis and ADAS approaches to estimate the metabolizable energy values of feeds at maintenance energy intake from equations utilizing chemical assays and *in vitro* determinations. **Animal Feed Science and Technology**, v.114, n.1-4, p.75-90. 2004.
- RODRIGUES, P.H.M. et al. Acurácia, precisão e robustez das estimativas da digestibilidade aparente da matéria seca determinada com o uso de indicadores em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.5, p.1118-1126, 2010.
- SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. 2^a.ed. Belo Horizonte: Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2002. 265p.
- SANTOS, S.C. et al. Utilização da silagem de restos culturais do abacaxizeiro em substituição à silagem de cana-de-açúcar na alimentação de ovinos. **Ciência Animal Brasileira**, v.15, n.4, p.400-408, 2014.
- SARMENTO, P. et al. Tratamento do bagaço de cana-de-açúcar com ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1203-1208, 1999.
- STEIN, R.B.S. et al. Estimativa da digestibilidade aparente da matéria seca por meio de indicadores internos em equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.504-511, 2006.
- VAN SOEST, P.J. Use of detergents in the analysis of fibrous feed. II. A rapid method for determination of fiber and lignin. **Journal of the AOAC**, v.46, n.5 p.829-835. 1963.
- VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597. 1991.
- VÉRAS, R.M.L. et al. Substituição do Milho por Farelo de Palma Forrageira em Dietas para Ovinos em Crescimento. Consumo e Digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.351-356, 2005.

ZEOULA, L.M. et al. Recuperação Fecal de Indicadores Internos Avaliados em Ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1865-1874, 2002.