

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO**

FILIFE AGUIAR E SILVA

**TÉCNICAS PARA ESTIMATIVA DE CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E
PRODUÇÃO FECAL COM DIFERENTES DIETAS PARA BOVINOS**

**Belo Horizonte
2013**

FILIPE AGUIAR E SILVA

**TÉCNICAS PARA ESTIMATIVA DE CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E
PRODUÇÃO FECAL COM DIFERENTES DIETAS PARA BOVINOS**

**Dissertação apresentada à Pós-Graduação em
Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade
Federal de Minas Gerais, como requisito parcial
para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia**

Área de Concentração: Nutrição Animal

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Eloísa de O. S. Saliba

**BELO HORIZONTE
Escola de Veterinária – UFMG
2013**

Silva, Filipe Aguiar, 1988-

S586t Técnicas para estimativa de consumo, digestibilidade e produção fecal com diferentes dietas para bovinos / Filipe Aguiar e Silva. – 2011

54p. : il.

Orientador: Eloísa de Oliveira Simões Saliba

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.

Inclui bibliografia

1. Bovino- Alimentação e Rações – Teses. 2. Bovino – Nutrição – Teses.
3. Digestibilidade – Teses. I. Saliba, Eloísa de Oliveira Simões. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

Dissertação defendida e aprovada, no dia 18 de fevereiro de 2013, pela comissão examinadora constituída por:

Prof.^a. Dr.^a Eloísa de Oliveira Simões Saliba
(Orientadora)

Prof. Dr. Norberto Mário Rodríguez

Prof. Dr. Geraldo Sérgio Senra Carneiro Barbosa

AGRADECIMENTOS

À DEUS, através dele é que conseguimos conquistar todas os nossos objetivos e buscar a possibilidade onde achávamos que era impossível.

Aos meus pais Heloisa (*in memorian*) e Carlos Alberto, meu irmão Lucas e minha namorada Cecília pela confiança, incentivo e compreensão.

A minha orientadora Dr^a Eloísa de Oliveira Simões Saliba pela oportunidade, confiança, paciência e ensinamentos depositados em mim.

Ao professor Dr. Geraldo Sérgio Senra Carneiro Barbosa pelo apoio, confiança, e por estar presente em todas as decisões.

Ao professor Dr. Norberto Mário Rodríguez por fazer parte desta realização.

Aos Dr. Guilherme Rocha Moreira, Cristovão Colombo de Carvalho Couto Filho, e ao Msc. Nélio Cunha Gonçalves pela grande ajuda na realização deste estudo.

A Kelly, Marcos e Toninho pelo auxílio durante o período de laboratório.

Ao CNPQ, INCT e CAPES, pelo apoio na realização dos projetos.

Enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	11
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL	12
1. INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO 2- REVISÃO DE LITERATURA	13
1. INTERAÇÃO ENTRE CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E PRODUÇÃO FECAL	13
1.1 METODOLOGIAS PARA AFERIÇÃO DO CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E PRODUÇÃO FECAL	13
1.2 PRINCÍPIOS DA UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DOS INDICADORES	14
1.2.1 INDICADORES.....	16
1.2.1.1 LIGNINA PURIFICADA E ENRIQUECIDA (LIPE®).....	16
1.2.1.2 DIÓXIDO DE TITÂNIO (TiO₂).....	17
1.2.1.3 FRAÇÕES INDIGESTÍVEIS DOS ALIMENTOS.....	17
1.3 UTILIZAÇÃO DAS FORRAGENS CONSERVADAS PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL	19
1.4.1 SILAGEM DE MILHO	20
1.4.2 FENO DE TIFTON 85	21
1.4.3 CANA- DE- AÇÚCAR.....	22
2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
CAPITULO 3 - UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES INDICADORES NA DETERMINAÇÃO DO CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E PRODUÇÃO FECAL EM BOVINOS, COMPARADOS COM A COLETA TOTAL DE FEZES	30
1. INTRODUÇÃO	30
2. OBJETIVOS	30
3. MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1 LOCALIZAÇÃO EXPERIMENTAL, ANIMAIS E INSTALAÇÕES	30
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL ESTATÍSTICO	32
3.3 DIETAS EXPERIMENTAIS	32
3.4 CONSUMO REAL	34
3.5 DIGESTIBILIDADE APARENTE E <i>IN VITRO</i>	34

3.6 UTILIZAÇÃO DOS INDICADORES PARA DETERMINAÇÃO DO CONSUMO, PRODUÇÃO FECAL E DIGESTIBILIDADE	35
3.6.1 FORNECIMENTO DOS INDICADORES EXTERNOS LIPE[®] E TIO₂	35
3.6.2 OBTENÇÃO DOS INDICADORES INTERNOS, MSI E FDNI.....	36
3.7 ANÁLISES QUÍMICAS	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1 CONSUMOS VERDADEIROS DOS DIFERENTES NUTRIENTES DAS DIETAS	40
4.2 PRODUÇÃO FECAL OBTIDA PELA COLETA TOTAL E DETERMINADA COM O USO DE INDICADORES	42
4.3 CONSUMO REAL E ESTIMADO PELOS INDICADORES	45
4.4 DIGESTIBILIDADE APARENTE E ESTIMADA POR DIFERENTES INDICADORES.....	46
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

Lista de Tabelas

TABELA 1. ANÁLISE DE VARIÂNCIA	32
TABELA 2. COMPOSIÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS, EM INGREDIENTES, COM BASE NA % DE MATÉRIA SECA (MS)	33
TABELA 3. COMPOSIÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS, EM NUTRIENTES, COM BASE % DE MATÉRIA SECA	34
TABELA 4. DIGESTIBILIDADE <i>IN VITRO</i> DA MATÉRIA SECA EXPRESSA EM %, DAS DIETAS REFERENTES À BASE DE SILAGEM DE MILHO (SM), CANA-DE-AÇÚCAR E FENO DE TIFTON NOS TRÊS PERÍODOS EXPERIMENTAIS	35
TABELA 5. ADMINISTRAÇÃO DOS INDICADORES EXTERNOS LIPE® E TIO₂ POR DIA E PERÍODO DE COLETA.....	36
TABELA 6. CONSUMO DE NUTRIENTES EM NOVILHAS RECEBENDO DIETAS À BASE DE SILAGEM DE MILHO, CANA-DE-AÇÚCAR E FENO DE TIFTON.....	40
TABELA7- PRODUÇÃO FECAL VERDADEIRA E ESTIMADA POR DIFERENTES INDICADORES, EXPRESSA EM KG DE MATÉRIA SECA EM DIFERENTES DIETAS, SILAGEM DE MILHO, FENO DE TIFTON, CANA-DE-AÇÚCAR.....	42
TABELA 8. CONSUMO REAL E CONSUMO ESTIMADO POR INDICADORES EXPRESSA EM KG DE MATÉRIA SECA EM DIFERENTES DIETAS, SILAGEM DE MILHO, FENO DE TIFTON, CANA-DE-AÇÚCAR	45
TABELA 9. DIGESTIBILIDADE APARENTE E DIGESTIBILIDADE ESTIMADA POR DIFERENTES INDICADORES. ESTIMADO POR INDICADORES EXPRESSA EM PORCENTAGEM EM RELAÇÃO A DIFERENTES DIETAS, SILAGEM DE MILHO, FENO DE TIFTON, CANA-DE-AÇÚCAR	47

Lista de Figuras

FIGURA 1. INSTALAÇÕES EXPERIMENTAIS.....	31
FIGURA 2. RECIPIENTES DE FILTRAGEM (TNT), PRONTOS PARA SEREM INCUBADOS.....	37
FIGURA 3. PROCESSO DE INCUBAÇÃO RUMINAL.....	37
FIGURA 4. RETIRADA DO MATERIAL INCUBADO.....	37

Lista de Siglas

B.M. - Brow Midrib

CEDAF - Centro de Desenvolvimento e Ensino de Florestal

CELi - celulose potencialmente indigestível

CDMN - consumo de matéria natural

CIA – cinzas insolúveis em ácido

CIDA - cinzas insolúveis em detergente ácidos

CMS - consumo de matéria seca

CR - consumo real

PF – produção fecal

F57 - filter bags 57

FDA – fibra em detergente ácido

FDAi – fibra em detergente ácido indigestível

FDN – fibra em detergente neutro

FDNi – fibra em detergente neutro indigestível

F.D.A. - Food and Drug Administration

LDA - lignina em detergente ácido

LIPE[®] - lignina purificada enriquecida

MS - matéria seca

MSi - matéria seca indigestível

PFA - produção fecal aparente

TiO₂ - dióxido de titânio

TNT- tecido não tecido

UV - ultra violeta

RESUMO

Técnicas para estimativa de consumo, digestibilidade e produção fecal com diferentes dietas para bovinos

O objetivo deste trabalho foi avaliar os indicadores internos, MSi e FDNi em 264 horas de incubação *in situ*, MSi e FDNi em 72 e 144 horas de incubação *in vitro*, e os indicadores externos LIPE[®] e TiO₂ com a coleta total na determinação da digestibilidade, consumo e produção fecal de novilhas mestiças holandês x Gir em tres dietas distintas, silagem de milho + concentrado (milho e soja), cana-de-açúcar + concentrado e feno de tifton + cocentrado. O delineamento experimental utilizado foi um quadrado latino 3 x 3 triplo e simultâneo. Os resultados obtidos mostram que apenas a MSi e FDNi incubadas *in vitro* por 72 horas não promoveu resultados semelhantes estatisticamente a coleta total. Os demais indicadores foram capazes de promover estimativas estatisticamente semelhantes a coleta total na avaliação do consumo, digestibilidade e produção fecal.

Palavras-chave: novilhas, nutrição, volumoso.

ABSTRACT

Techniques to estimate intake, digestibility and fecal output with different diets for cattle

The objective of this study was to evaluate the internal indicators, MSi and NDFi in 264 hours of incubation *in situ*, MSi and NDFi at 72 and 144 hours of incubation *in vitro*, and external indicators LIPE[®] and TiO₂ with the total collection in determining the digestibility, intake and fecal output of crossbred Holstein x Gir heifers on three different diets, corn silage + concentrate (corn and soybeans), sugarcane + concentrate and hay Tifton + concentrate. The experimental design was a 3 x 3 Latin square and simultaneous triple. The results show that only the MSi and NDFi incubated *in vitro* for 72 hours did not cause statistically similar results to the total collection. Other indicators are able to promote statistically similar estimates the total collection to assess the intake, digestibility and fecal output.

Key-words: heifers, nutrition, forage.

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL

1. INTRODUÇÃO

Determinar o valor nutritivo dos alimentos tem sido objetivo de diversos estudos envolvendo animais. No entanto, a avaliação desses alimentos é um desafio para os nutricionistas. Neste contexto, o estudo da digestibilidade, consumo e produção fecal é uma prática imprescindível na formulação de dietas para os animais.

A digestibilidade e o consumo são reconhecidamente os principais determinantes da qualidade de um alimento (Rodriguez et al., 2006). Portanto são fatores limitantes da eficiência produtiva do animal, dependentes das características do alimento, ambiente e suas interações, e dos fatores inerentes do próprio.

De maneira complementar, durante o processo de passagem do alimento por todo trato gastrointestinal, a digestibilidade da dieta gera um resíduo potencialmente indigestível, porção esta não aproveitada pelo animal, determinada como produção fecal.

Os pontos formados através da união entre o conhecimento da produção fecal, o consumo dos animais e a digestibilidade da dieta ofertada, permitem ao nutricionista formular dietas que possivelmente podem ser mais aproveitadas pelos animais.

Porém, a determinação direta da produção fecal, conhecida como coleta total de fezes *in vivo* é um processo dispendioso, requer controle da ingestão e excreção diária, adaptação de animais em gaiolas ou baias, ou a bolsas coletoras em animais à pasto, o que pode ser inviável em algumas situações.

Apesar dos procedimentos *in vivo* terem suas limitações em alguns casos, os mesmos continuam como referência, tanto na avaliação dos alimentos, como na validação de métodos alternativos de determinação. No sentido de desenvolver alternativas que possibilitem estimar a produção fecal, digestibilidade, e indiretamente o consumo, foram propostas às técnicas dos indicadores, que são monitores químicos segundo Owens e Hanson (1992) para determinação quantitativa e qualitativa de fenômenos fisiológicos e nutricionais.

A determinação da digestibilidade através de indicadores não requer manipulação da produção fecal total e controle rigoroso do consumo real, pois levam-se em conta as frações conhecidas da substância utilizada com indicador nas fezes e a dose administrada.

Desde então, diversos experimentos foram conduzidos a fim de avaliar a dinâmica dos indicadores no processo de digestão animal, ou seja, se existem interações dos mesmos com o trato digestivo do animal ou com a dieta oferecida; se a metodologia de fornecimento ou as técnicas laboratoriais de avaliação exercem efeito na recuperação de suas frações no bolo fecal; e se estes conjuntos de informações poderão representar de maneira confiável a produção fecal, o consumo e a digestibilidade.

Com o objetivo de estudar e determinar a melhor técnica para estas estimativas, este trabalho foi proposto. Para tanto avaliou-se a determinação através da coleta total como referencia para os indicadores matéria seca indigestível, fibra em detergente neutro indigestível, dióxido de titânio e a lignina purificada enriquecida.

CAPÍTULO 2- REVISÃO DE LITERATURA

1. INTERAÇÃO ENTRE CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E PRODUÇÃO FECAL

Consumo, digestibilidade e produção fecal são os três pilares dos estudos que buscam conhecer a qualidade dos alimentos para os animais. O consumo e a digestibilidade são indicativos diretos do valor nutritivo de uma dieta, já a produção fecal se constitui uma ferramenta útil para estimar os dois primeiros.

O conhecimento de dois desses fatores sempre permitirá a estimativa do terceiro. Seguindo a relação: a produção de matéria seca fecal (PF) é igual ao consumo de matéria seca (CMS) multiplicado pela fração do alimento que não é absorvido, ou seja, um menos o coeficiente de digestibilidade da matéria seca (DMS). Sendo assim pode-se representar matematicamente da seguinte forma:

$$PF = CMS \times (1 - DMS)$$

ou

$$CMS = PF / (1 - DMS)$$

ou

$$DMS = 1 - (PF / CMS)$$

A metodologia mais precisa e que serve de parâmetro permitindo a aferição dessas variáveis, seria a pesagem direta do alimento e das fezes, para se obter o consumo e a produção fecal, seguida da aplicação da fórmula matemática, expressa anteriormente, para obtenção da digestibilidade. No entanto, em estudos com bovinos, onde geralmente trabalha-se com um número maior de animais e em ambientes de difícil controle, à pasto por exemplo, esta prática se torna de difícil aplicação. Por isto, técnicas mais simples, foram propostas para determinação destas variáveis.

1.1 METODOLOGIAS PARA AFERIÇÃO DO CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E PRODUÇÃO FECAL

A determinação da qualidade e aproveitamento da forragem pelo animal envolve inúmeras barreiras, principalmente quando o animal se encontra em regime de pastejo. As informações referentes ao consumo de forrageiras sob pastejo são restritas à condições específicas e à procedimentos de aferição limitados o que impossibilitam sua utilização de forma mais prática.

Segundo Astigarraga (1997), a estimativa de consumo de animais manejados sob condição de pastejo é tão complexa que todos os métodos utilizados têm limitações e comprometimentos que podem induzir a erros.

Le Du & Penning (1982) relataram que as estimativas de consumo devem ser obtidas empregando técnicas que provoquem no animal o mínimo desvio possível em relação às atividades de pastejo.

Várias metodologias de estimativa de consumo de animais a pasto foram publicadas. Minson (1990) propôs a classificação destes métodos de acordo com a duração do período de estimativa. Já Burns et al., (1994) propuseram um agrupamento destes métodos, através de uma estimativa de consumo direta, indireta, ou empírica. Moore & Sollenberger (1997) consideraram todas as estimativas de consumo de animais a pasto, como mensurações indiretas, classificando-as em estimativas de consumo individuais, ou estimativas de consumo para grupos de animais, ou ainda para a pastagem. Greenhalgh (1982) relatou que os métodos de estimativa de consumo de forragem sob condição de pastejo podem ser divididos em duas grandes categorias: aqueles que se baseiam no desaparecimento de pasto, e aqueles que se baseiam no ganho do animal.

Mayes (1989) concluiu que estimativas de consumo à pasto, podem ser obtidas através de metodologias baseados em mensurações realizadas na pastagem (diferenças de peso do pasto), ou variáveis observadas no próprio animal (diferença de pesos do animal, comportamento ingestivo, performance animal, produção fecal e digestibilidade).

Já quando são utilizados animais confinados, sejam em gaiolas ou mesmo em baias, as mensurações são mais precisas e concisas, pois existe controle rigoroso da dieta ofertada aos animais, das sobras encontradas no cocho pós-alimentação, e da produção fecal.

A partir do controle rigoroso das observações em animais confinados e conseqüentemente validação das diferentes técnicas, as metodologias podem ser extrapoladas para animais em regime de pastejo. A utilização de indicadores de produção fecal e digestibilidade, é sem dúvida um exemplo claro do empenho de pesquisadores, que em diversos trabalhos, comparam técnicas *in vivo* (diretas), com técnicas indiretas (indicadores), em animais confinados, para posterior utilização em animais a pasto.

1.2 PRINCÍPIOS DA UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DOS INDICADORES

Em muitos casos, frente às inúmeras dificuldades ou impossibilidades da realização da coleta total de fezes e controle da ingestão da dieta (metodologia direta), na determinação da digestibilidade, produção fecal e consumo, os pesquisadores tem empregado a utilização de substâncias inertes conhecidas como indicadores. São compostos que apresentam simplicidade de manipulação, e que tem o potencial de proporcionar informações semelhantes às provenientes de ensaios *in vivo*.

Segundo Owens & Hanson (1992) indicadores são compostos que servem para monitorar aspectos químicos (hidrólise e síntese) e físicos (fluxo) da digestão, sendo rotineiramente utilizados para estimar fluxo de digesta e a produção fecal de ruminantes.

Saliba (1998) relata que um indicador ideal deve possuir algumas propriedades fundamentais, dentre as principais não ser tóxico, não ter função fisiológica, não ser metabolizado, ser completamente recuperável a partir do aparelho digestório e não ter influência sobre a motilidade e secreções intestinais.

Um indicador ideal para se estimar a produção fecal pode não ser adequado para se estimar à cinética, devido a migrações de partículas, separações de fases, inibição da digestão, efeito osmótico no intestino, entre outros, afirmam Rodríguez et al. (2006).

A utilização de indicadores fecais baseia-se no fato em que a medida que o alimento segue o fluxo do trato digestório, a concentração do indicador aumenta progressivamente pela remoção dos constituintes digestíveis dos alimentos ingeridos pelo animal, e que estas concentrações de substâncias não absorvíveis, possam ser recuperada nas fezes. O aumento na concentração é proporcional à digestibilidade e, portanto, esta última pode ser calculada a partir das concentrações do indicador no alimento.

Recuperação incompleta nas fezes, variações no fluxo de passagem do rúmen, amostragens pouco representativas e delineamento estatístico são problemas primários associados a experimentos que utilizam indicadores. (Merchen, 1988; Titgemeyer, 1997).

Para determinação da produção fecal, uma vez atendido o que foi mencionado nos parágrafos anteriores, basta utilizar uma relação matemática simples: a produção fecal (PF) é igual à razão entre a quantidade de indicador ingerida e a concentração do indicador nas fezes:

$$PF = \frac{\text{Dose ingerida}}{\text{Concentração fecal}}$$

Os indicadores podem ser classificados como internos, representados por substâncias indigestíveis presentes naturalmente em algum componente da dieta, e externos, quando adicionados à dieta ou fornecidos via oral (Berchielli et al., 2005).

O maior entrave quanto a utilização dos indicadores internos seria a recuperação variável nas fezes. Para os externos, é o fato de alguns poderem se agregar as frações fibrosas dos alimentos, podendo alterar suas frações químicas e físicas. (Rodríguez et al., 2006).

Os indicadores internos conhecidos, que são constituintes naturais das dietas, e que não são digeridos nem absorvidos pelos animais são: a Sílica; o Nitrogênio Fecal; o Cromogênio; a Lignina; a fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) indigestíveis, as Cinzas Insolúveis em Ácido (CIA) e cinzas insolúveis em detergentes ácidos (CIDA); e os N-alcanos, sendo os quatro últimos os mais utilizados.

São conhecidos como indicadores externos: o óxido crômico, os elementos terras raras (Lantano, Samário, Cério, Ytérbio, Disprósium), sendo o ytérbio o mais utilizados destes

elementos, o Cromo mordante e o LIPE[®] os quais são utilizados para a fase sólida. E para a fase líquida são utilizados o Cobalto E.D.T.A., Cromo- E.D.T.A. e o Polietilenoglicol (PEG). (Rodríguez et al., 2006).

Para que a utilização de indicadores seja validada, elas devem sempre ser comparadas a um padrão, coleta total de fezes. Além disto, cada pesquisador deve padronizar o uso do indicador para determinadas situações cientes de possíveis variações e erros em amostragens. A escolha de um indicador é determinada pelo objetivo da pesquisa em questão, levando-se em consideração os custos, facilidade de manejo e análise.

1.2.1 INDICADORES

1.2.1.1 LIGNINA PURIFICADA E ENRIQUECIDA (LIPE[®])

O hidroxifenilpropano modificado e enriquecido, LIPE[®], é um indicador externo de digestibilidade que foi desenvolvido especificamente para pesquisas.

As primeiras avaliações utilizando o LIPE[®] para estimativas de consumo e digestibilidade em comparativo à coleta total de fezes foi determinado em coelhos. Outras estimativas de produção fecal e digestibilidade revelaram a eficiência do LIPE[®] como indicador externo, apresentando acurácia em relação aos dados obtidos com a coleta total. Dentre outras vantagens este indicador propiciou um curto período de adaptação, além de ser de baixo custo.

Saliba et al. (2003) em ensaio avaliando o feno de Tifton 85 em dietas para ovinos, verificaram semelhança no coeficiente médio de digestibilidade de 63,23% e 64,78%, e produção fecal de 365,39 g/dia e 383,07 g/dia, para LIPE[®] e coleta total, respectivamente.

Lima et al, (2008) em ensaio testando o óxido crômico e o LIPE[®] nas estimativas de consumo de matéria seca em bovinos de corte, recomendaram o LIPE[®] como opção mais confiável para determinação indireta do consumo de matéria seca em animais sob regime de pasto. Corroborando com estes dados, Ferreira et al. (2009) avaliando indicadores em bovinos para estimativas de digestibilidade verificaram que o LIPE[®] estimou de maneira acurada a digestibilidade, semelhante ao método de coleta total de fezes.

Moraes (2007) trabalhando com estimativas de produção fecal em caprinos alimentados com diferentes subprodutos agroindustriais utilizando o LIPE[®], concluiu que este indicador não apresentou diferenças em relação ao método de coleta total de fezes, propiciando mensurações acuradas nas estimativas da digestibilidade aparente de nutrientes.

Portanto, a maioria dos estudos em que o LIPE[®] foi avaliado para estimativas de produção fecal, digestibilidade e consumo em diferentes espécies, mostrou-se eficaz, além de ser viável economicamente, e de fácil manuseio e determinação.

O período de adaptação para que a excreção seja uniforme é de apenas 48 horas e o período para a colheita de fezes é três dias para aves e cinco dias para outras espécies. A técnica analítica utilizada para dosagem do indicador nas fezes é a Espectroscopia no infravermelho próximo, que é rápida sensível e não destrutiva à amostra.

1.2.1.2 DIÓXIDO DE TITÂNIO (TiO₂)

O dióxido de titânio TiO₂ é um pó de coloração branca, sem odor ou sabor, e surge como alternativa ao óxido crômico (Cr₂O₃) por não possuir propriedades carcinogênicas, e tem sido utilizado como indicador em estudos de digestibilidade em bovinos, suínos, aves e ratos (Myers et al., 2006). Outra vantagem do dióxido de titânio em relação ao óxido crômico é ser aprovado como aditivo dietético pelo Food and Drug Administration/ F.D.A. (EUA) (Lopes, 2007). O TiO₂ é geralmente encontrado em alguns produtos para alimentação humana, utilizado como corante, fazendo parte da composição da cobertura de gomas de mascar. Além disto, é utilizado como aditivo farmacêutico onde faz parte da composição de alguns filtros solares, o dióxido de titânio exibe grande absorção semicondutora de radiação ultra violeta (UV) e refletem e espalham a radiação na região do visível e UV. Por isso, são considerados os filtros físicos mais eficientes, justificando o emprego destas nas preparações solares (Salgado; Galante; Leonardi, 2004).

Sampaio et al. (2011) afirmam que o TiO₂ não apresenta limitações quanto à sua inclusão na dieta animal. Ademais, segundo Valadares Filho et al. (2006), outra vantagem competitiva do TiO₂ é o seu baixo custo.

Pina (2008) também encontrou boas estimativas de consumo de concentrado e digestibilidade utilizando os indicadores óxido crômico e dióxido de titânio, quando trabalhou em novilhas Nelore alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada com diferentes teores de cal.

Glindemann et al. (2009) avaliaram o indicador TiO₂ em ovinos adultos alimentados com feno suplementado ou não com concentrado e relataram que a recuperação média do TiO₂ foi de 1,04 kg. A recuperação do TiO₂ foi maior (P <0,001) em dietas de feno do que em dietas com feno e concentrado (1,08 e 0,99 kg, respectivamente).

Um dos principais problemas para a determinação do titânio nas amostras de fezes é a escolha de uma técnica que realmente apresente resultados precisos da quantidade encontrada do TiO₂ na amostra. Podem haver técnicas qualitativas utilizadas para sua determinação, porém, pecam no que diz respeito às quantidades encontradas em determinadas amostras. Estas técnicas apenas sinalizam a presença do composto.

1.2.1.3 FRAÇÕES INDIGESTÍVEIS DOS ALIMENTOS

Ao utilizar um componente indigestível presente no alimento como indicador, sua concentração nas fezes é função dos diferentes eventos digestivos aos quais a digesta é submetida, estabelecendo-se, portanto, relação causa/efeito entre o alimento e o trato gastrointestinal, condizente com o ambiente *in vivo* (Detmann et al., 2001). Assim, os indicadores internos apresentam a vantagem de já estarem presentes no alimento e, de modo geral, permanecerem uniformemente distribuídos na digesta, o que lhes confere vantagens sobre os indicadores externos (Piaggio et al., 1991).

Os principais indicadores internos relatados na literatura são a cinza insolúvel em ácido (CIA), a cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA), a lignina, a cutina e os n-alcenos (Lopes, 2007). No entanto, a utilização de alguns desses indicadores foi limitada pelas baixas concentrações destes nos alimentos — ocorrendo um aumento no desvio-padrão — entre outros problemas, como a contaminação dos alimentos, fezes e sobras com areia e as dificuldades impostas pelos métodos analíticos empregados.

Com o objetivo de minimizar erros de amostragem decorridos da baixa concentração de alguns indicadores internos, frações fibrosas indigestíveis do alimento, obtidas após incubações (*in vitro* ou *in situ*), foram sugeridas por Lippke *et al.* (1986), e vêm sendo avaliadas por diversos autores (Cochran *et al.*, 1986; Berchielli *et al.*, 2000; Valadares Filho, 2000; Ítavo *et al.*, 2002; Zeoula *et al.*, 2002; Brito *et al.*, 2007; Detmann *et al.*, 2007; Cabral *et al.*, 2008).

A fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), a fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), a matéria seca indigestível (MSi), a lignina em detergente ácido (LDA) e a celulose potencialmente indigestível (CELi) são exemplos desses indicadores, dentre os quais, os três primeiros se destacam como os mais utilizados.

No entanto, a utilização de indicadores advindos dessa metodologia não se constitui uma tarefa fácil, pois não há um método padrão para analisar as frações indigestíveis, e a recuperação fecal desses indicadores tem sido amplamente variável, o que compromete a precisão e exatidão das estimativas de digestibilidade (Penning & Johnson, 1983; Cochran *et al.*, 1986; Lippke *et al.*, 1986; Berchielli *et al.*, 2000).

Ao optar pela utilização da fibra indigestível como indicador interno, alguns fatores de variação devem ser considerados, tais como, a composição da fibra da dieta, o tamanho das partículas incubadas, o número de dias e de horários de coletas das fezes, o período de tempo e o modo de incubação (*in vitro* ou *in situ*).

Alguns trabalhos mostraram em seus resultados que podem existir interação entre o indicador e o tipo de fibra utilizada como volumoso em ensaios com animais. (Zeoula *et al.*, 2002; Berchielli *et al.*, 2005).

Para a obtenção da fração não digerida de determinado alimento, faz-se necessário um tempo de incubação prolongado. Segundo Berchielli *et al.* (2000), 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. Nos estudos com indicadores internos, esse tempo, seja em incubações *in vitro* ou *in situ*, foi bastante variado.

Alguns autores relataram que a desuniformidade no tamanho das partículas incubadas pode ser a causa de incompletas recuperações fecais de indicadores internos (Lippke *et al.*, 1986; Fondevila *et al.*, 1995). Nesse contexto, tanto o tamanho das partículas a serem incubadas, quanto à porosidade dos sacos de náilon são importantes.

A porosidade, o tipo e o tamanho dos sacos de filtragem utilizados para a incubação *in situ*, bem como a quantidade de amostra incubada é outra fonte de variação nas pesquisas com indicadores internos. Alguns autores optam por utilizar sacos de filtragem padronizados e comercializados para esse fim, como é o caso daqueles associados ao sistema Ankom®, que são recipientes compostos por fibra sintética insolúvel nos meios

ácido e neutro e denominados “Filter Bags”, F57 (Alves et al., 2003; Detmann et al., 2007; Dias et al., 2007.).

Considerando-se todos os pontos discutidos nos parágrafos anteriores, percebe-se a desuniformidade nos procedimentos metodológicos empregados para a obtenção dos resíduos indigestíveis, torna-se necessário a padronização das técnicas para obtenção de resultados mais confiáveis.

1.3 UTILIZAÇÃO DAS FORRAGENS CONSERVADAS PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

A estacionalidade da produção de forragens, um dos principais fatores responsáveis pelos baixos índices de produtividade da pecuária nacional, visto que os níveis de produção animal obtidos na estação das águas são comprometidos pelo baixo rendimento forrageiro durante a seca. No Brasil, como em todo existem diferentes estações chuvosas durante todo o ano, devido à dimensão territorial. Na região sudeste do país o período que compreende os meses de maio a setembro corresponde a época em que ocorre acentuada redução no crescimento das gramíneas forrageiras tropicais, resultando em menor disponibilidade de forragem, de baixo valor alimentício, afetando, assim, o desempenho dos animais mantidos em regime de pastejo.

Existem inúmeras estratégias que apresentam potencial para contornar o déficit de forragens no período seco do ano, nas diferentes regiões do Brasil. Porém todas alternativas passíveis de serem utilizadas devem ser coerentes com o sistema de produção de cada propriedade. O uso de forragens conservadas, forrageiras de inverno, capineiras, suplementação concentrada no pasto, e o uso de irrigação são alternativas capazes de explorar a baixa produtividade dos pastos tropicais nesse período do ano.

A conservação de forragens proporciona alimentos de alta qualidade, de maneira mais uniforme, ao longo do período de suplementação. A silagem e o feno são as principais formas de uso de forragens conservadas.

A silagem é a forragem verde, com teor de umidade variável entre as espécies, armazenadas em ambientes anaeróbios, denominados silos. Sua conservação ocorre por meio da fermentação.

A paralisação da respiração, pela ausência de ar, e inibição da fermentação pela redução do pH são os dois principais acontecimentos imediatos em uma forragem ensilada. Bactérias atuam sobre os carboidratos solúveis, transformando em ácidos, em especial láctico e acético que reduzem o pH impedindo fermentações indesejáveis. O material deve ser ensilado com pH entre 5,5 a 6,0, e a conservação e estabilização ocorre em pH 3,5 a 4,2.

A fenação consiste na desidratação da forragem verde com 65 – 85% de umidade para 10 – 20%. A perda de água mais intensa ocorre logo após o corte e se reduz a medida que a umidade diminui abaixo de 65%. O processo continua até atingir os valores mínimos de umidade. O ponto de feno ideal ocorre em associação com a velocidade com que a desidratação acontece. Portanto, desde a colheita até o fim do processo, alguns fatores como época de cada região para feno, viragem do material no campo depois de cortado,

permanência do material no campo e armazenamento do produto final, devem ser levados em consideração.

O feno ideal deve apresentar-se com coloração esverdeada, cheiro agradável, ter boa percentagem de folhas, ser macio, livre de impurezas e elementos tóxicos e além de tudo ter boa digestibilidade.

Quanto ao aproveitamento do animal a partir destas forrageiras conservadas, o consumo é um fator limitante. Minson & Wilson (1994) propuseram uma série de características relacionadas a ingestão de forragens que são passíveis de favorecer o consumo ou não pelos animais, tais como: características químicas e bromatológicas físico-anatômicas; e a cinética digestiva. Todos estes aspectos influenciam o valor nutritivo destas forragens e conseqüentemente o consumo voluntário do animal.

1.4.1 SILAGEM DE MILHO

A produção do milho juntamente com a soja, contribui com aproximadamente 80% da produção de grãos. Na alimentação de bovinos o milho é utilizado como fonte de amido, geralmente o principal componente energético dos concentrados. Além de sua utilização como ingrediente energético nos concentrados, a planta do milho com um todo é utilizada com um dos principais volumosos conservados na forma de silagem para alimentação dos bovinos.

Os objetivos dos melhoristas, durante muito tempo, foram limitados a critérios agrônômicos para a produção do milho, com exemplo a produção de grão por hectare, resistência a pragas e doenças, estresses climáticos (Michael-Doreau e Doreau, 1999). Porém com a utilização do milho na forma de silagem da planta inteira, fez com que algumas empresas trabalhassem seus híbridos para a produção de silagem, antes mesmo de dar início a busca de genótipos exclusivos (Aseltine, 1988).

Foram observados alguns aspectos indesejáveis para a produção da silagem nos híbridos graníferos, como: endurecimento precoce dos grãos e altos constituintes da parede celular, o que resultaria em um alimento com baixo valor nutricional, quando se tratasse de silagem.

Com isto foram surgindo novos híbridos, com aptidão para o processo de ensilagem e carregavam em sua bagagem uma melhor digestibilidade da fibra, um maior número de folhas acima da linha da espiga e grão mais adequados para o aproveitamento do amido.

Algumas características são de fundamental importância na determinação da qualidade da silagem de milho para animais. O conteúdo de grão na silagem, segundo Phipps e Weller (1979), dizem que silagens com alto conteúdo de grãos (50 % de grão na matéria seca), tiveram menos fibra em detergente ácido (FDA), celulose, lignina e mais amido que silagens com baixo conteúdo de grãos (26% de grãos na matéria seca).

Já Hemken et al. (1971) concluíram pequena ou nenhuma vantagem das silagens de alto teor de grãos sobre o desempenho de vacas de leite. Em propósito da pequena importância do teor de grão sobre o desempenho das vacas, os mesmos autores recomendam o plantio

de variedades de milho com base na produção de matéria seca/ha e não pelo conteúdo de grãos.

A digestibilidade da fibra também é uma importante ferramenta no controle da qualidade da silagem de milho. Segundo Oba e Allen (1999), os híbridos com menor concentração de lignina apresentam maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca e maiores degradabilidades da matéria seca e da FDN no rúmen (Bal et al., 2000).

Com o intuito de desenvolver híbridos de milho mais digestíveis, foi descoberto o Brown Midrib (BM), ou nervura marrom. Esta modificação genética promove uma diminuição nos teores de lignina na planta, favorecendo assim seu aproveitamento.

Apesar de suas características favoráveis a digestibilidade e aproveitamento animal, os milhos com genes BM são poucos utilizados para produção de silagem devido a susceptibilidade a doenças ao acamamento e menor produção por hectare. (Gallais et al., 1980).

A composição bioquímica do amido do milho, a textura, o conteúdo de óleo e a proporção de folhas em relação a planta inteira resumem o restante de características essenciais para produção de uma silagem de milho com qualidade.

O teor de amido e a relação amilose: amilopectina variam entre os diferentes genótipos de milho. Em estudo realizado por Phillippeau e Michael-Doreau (1997), os valores encontrados variaram de 61,0 a 68,6% de amido para grãos com endosperma macio e 58,6 a 67,9% para grãos com endosperma duro.

Phillippeau et al (1998) compararam a degradabilidade dos grãos de milho de três genótipos vítreos e farináceos e concluíram que as taxas de degradação dos grãos farináceos foram mais altas que as dos grãos duros.

Os híbridos mais folhosos são comercializados no mercado com sendo específicos para produção de silagem da planta inteira. São caracterizados pelo maior número de folhas acima da linha da espiga e pelos teores de umidade mais elevados nos grãos e na planta inteira no estágio de maturidade. (Bal et al., 2000).

1.4.2 FENO DE TIFTON 85

As plantas do gênero *Cynodon* apresentam características que os tornam os apropriados para a produção de feno. Apresentam morfologia adequada, principalmente haste fina e folhas bem aderidas ao colmo (Haddad e Castro, 1998). O capim-tifton 85 apresenta elevado potencial para produção de matéria seca (MS) e altos coeficientes de digestibilidade (Hill et al., 1998).

O híbrido Tifton 85, é resultante do cruzamento do capim-tifton 68 (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) com o capim Bermuda Grass da África do Sul, registro PI 290884 *Cynodon dactylon* (L.) Pers. É um híbrido perene e estolonífero, com grande massa folhear e rizomas grossos, que são caules subterrâneos, responsáveis pela manutenção das reservas de carboidratos e nutrientes que proporcionam a sua incrível resistência a secas, geadas, fogos e pastejos baixos.

Foi desenvolvido pelo departamento de agricultura dos Estados Unidos da América do Norte em cooperação com a Universidade da Geórgia, na estação experimental de Tifton, pela equipe do professor Dr. Burton, sendo registrado e liberado para plantio em 31/10/92. Introduzido no Brasil a partir de 1993, vem resistindo e se mantendo verde diante das geadas e secas prolongadas ocorridas em 1994.

O Tifton-85 pode ser plantado tanto em regiões frias, quanto em regiões quentes de clima subtropical e tropical, ou seja, em todo território nacional, em solos arenosos, mistos e argilosos (não alagados), devidamente corrigidos e adubados conforme orientação do engenheiro agrônomo regional.

No Brasil, Ribeiro et al. (1998a), avaliando a produção de MS do capim-tifton 85, em três frequências de corte, sob cinco aplicações de nitrogênio (0, 100, 200, 300 e 400 kg/ha), estimaram que, para a aplicação de 300 kg de N /ha, produções de MS de 16,67; 19,06; e 21,44 t/ha, respectivamente, para 28, 42 e 56 dias de rebrota.

Altamente indicado pela sua produção de massa verde, alta relação folhas/hastes, grande resistência e elevado valor nutricional, o Tifton - 85 tem se mostrado uma excelente opção para pastagens verdes e conservadas para o gado.

1.4.3 CANA- DE- AÇÚCAR

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) foi, provavelmente, uma das primeiras plantas utilizadas como recurso forrageiro na alimentação suplementar dos animais no Brasil e, em virtude, das suas características produtivas e inúmeras formas de utilização adquiriu expressiva importância na alimentação animal. É uma gramínea perene, própria de clima tropicais e subtropicais, provavelmente originária do sudeste da Ásia. Há várias espécies do gênero *Saccharum* (*S. officinarum*, *S. spontaneum*, *S. robustum*, etc.) mas as variedades utilizadas hoje são quase todas híbridas.

Sua utilização como volumoso suplementar no período seco é justificada pela facilidade de cultivo, alta produtividade, baixo custo por unidade de matéria seca produzida, além do pico de produção e valor nutritivo coincidentes com o período de escassez de forragem.

Outro aspecto de grande relevância é que a sua composição bromatológica a partir de um determinado estágio de crescimento, mantém-se praticamente inalterada, fato que a coloca em posição de destaque em relação às demais forrageiras, cujo percentual das frações fibrosas aumenta à medida que a idade fisiológica avança ocorrendo simultaneamente uma redução no teor de proteína destas.

Os teores de FDN da cana-de-açúcar quando comparados a outras gramíneas, capim elefante e silagem de milho por exemplo, são relativamente baixos, 55,87% para cana 76,93% e 55,26% para capim elefante e silagem de milho, respectivamente. Porém os coeficientes de digestibilidade da fração fibrosa da cana são baixos, o que corrobora o fato de ser colhida na época seca do ano.

Fernandes et al. (2003), considerando intervalos de quatro meses entre cortes da cana, verificaram que as diferenças nos teores de FDN e fibra insolúvel em detergente

ácido (FDA) foram relativamente pequenas, o que evidencia a capacidade desse volumoso em manter constante o seu valor nutritivo ao longo do tempo, contrariamente ao que ocorre com a maioria das espécies forrageiras tropicais.

O grande problema em relação ao perfil da fração fibrosa da cana-de-açúcar é a sua baixa qualidade ou digestibilidade o que pode limitar o consumo de matéria seca e o desempenho de animais mantidos em dietas contendo cana-de-açúcar.

Os carboidratos estruturais da cana-de-açúcar são fonte potencial de energia de baixo custo para ruminantes. No entanto, seu potencial como fonte de energia é limitado devido à sua baixa digestibilidade e taxa de degradação.

Além da qualidade baixa da fibra, outros problemas em relação a utilização de cana-de-açúcar na alimentação de bovinos também existem, como o baixo teor de proteína e minerais.

As variedades mais promissoras para alimentação de bovinos são as que apresentam menores teores de FDN, maiores valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), relações FDN/Pol (Pol – teor de sacarose) menores que 2,7 e baixos teores de lignina. Considerando-se que é característica da espécie o baixo conteúdo nitrogenado, o teor de PB não é critério para escolha de variedades (Costa et al., 2003; Rodrigues et al., 2005, 2006).

Rodrigues et al. (2006) encontraram diferença entre as variedades estudadas para o teor de lignina, que variou de 2,9 a 4,1% da MS. Esta variável, que faz parte da FDN, tem alta correlação negativa com a digestibilidade, além de o aumento no teor de FDN na planta estar associado ao espessamento da parede celular, o que reduz a área disponível ao ataque microbiano no rúmen.

Outra característica que deve ser avaliada para escolha das variedades é a maior capacidade de desfolha natural ou fácil, pois permite maior eficiência no processo de corte, moagem, além de reduzir a oferta de material de baixo valor nutricional ao rebanho (Macedo et al., 2006).

Existem estudos que demonstram que o tratamento de materiais fibrosos com álcali, como a cal micropulverizada, aumenta sua digestibilidade. O fenômeno mais associado com o tratamento alcalino de volumosos é a solubilização parcial das hemiceluloses, lignina e sílica, e a hidrólise dos ésteres dos ácidos urônico e acético. O tratamento com álcali também pode levar à quebra de pontes de hidrogênio na celulose. Ou seja, são rompidas ligações na fração fibrosa da cana, que levam ao aumento da sua digestibilidade. A justificativa para emprego de álcali reside no fato de a lignina das gramíneas serem particularmente susceptível ao ataque hidrolítico dessa base, nas ligações covalentes do tipo éster entre a lignina e a parede celular (Van Soest, 1994).

Para a tomada de decisão de quando utilizar as dietas com cana-de-açúcar torna-se necessário avaliar produção de matéria seca por hectare, desempenho dos animais, categoria animal, consumo de matéria seca, variação de peso, digestibilidade dos nutrientes, degradação dos nutrientes, taxa de passagem, eficiência alimentar e viabilidade econômica.

2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, K. S.; CARVALHO, F. F. R.; FERREIRA, M. A. et al. Níveis de energia em dietas para ovinos Santa Inês: digestibilidade aparente. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, p.1962-1968, 2003.

ASELTINE, M. S. Corn silage quality can vary depending on hybrid planted. *Feedstuffs*, v.60, p.13-15, 1988.

ASTIGARRAGA, L. Técnicas para la medición del consumo de ruminantes en pastoreo. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, Maringá: Cooper. Graf. Artes Gráficas Ltda., 1997. Anais... p. 1-23.

BAL, M. A.; SHAVER, R. D.; SHINNERS, K. J. et al. Stage of maturity, processing, and hybrid effects on ruminal *in situ* disappearance of whole-plant corn silage. *Animal Feed Science Technoogy.*, v.86, p.83-94, 2000.

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

BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G.; FEITOSA, W. et al. Estimativas da produção fecal e digestibilidade total em bovinos por meio de indicadores. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42. Goiânia. Anais...: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005.

BURNS, J.C.; POND, K.R.; FISHER, D.S. Measurement of forage intake. In: FAHEY Jr., G.C. (Ed.) *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*. p. 494-531, 1994.

CABRAL, L. S.; NEVES, E. M. O.; ZERVOUDAKIS, J. T. et al. Estimativas dos requisitos nutricionais de ovinos em condições brasileiras. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. v.9, n.3, p.529-542, 2008.

CABRAL, L. S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E. et al. Consumo e digestibilidade em bovinos alimentados com dietas à base de forrageiras tropicais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2006.

COCHRAN, R. C.; ADAMS, D. C.; WALLACE J. D. et al. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. *Journal of Animal Science*, v.63, p.1476-1483, 1986.

COSTA, H. N.; PEREIRA, M. N.; MELO, R. P. et al. Effect of the rumen environment on ruminal in situ degradability of sugarcane. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9. Porto Alegre. Anais...UFRGS, 2003.

COSTA, M. A. L.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D. et al. Validação das equações do NRC (2001) para predição do valor energético de alimentos nas condições brasileiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.280-287, 2005.

DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; ZERVOUDAKIS, J. T. et al. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, p.1600-1609, 2001.

DETMANN, E.; SOUZA, A. L.; GARCIA, R.; et al. Avaliação do vício de “tempo longo” de indicadores internos em ensaio de digestão com ruminantes. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.59, n.1, p.182-188, 2007.

DIAS, M.; DETMANN, E.; LEO, M. I. et al. Indicadores para estimativa da digestibilidade parcial em bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36: 689-697. 2007.

DIAS, M. et al. Técnicas para estimativa da digestibilidade e produção microbiana em bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 504–512, Jun, 2008. 1995.

FONDEVILA, M.; CASTRILLO, C.; GASA, J. et al. Rumen-undegradable dry matter and neutral detergent fibre as ratio indicators of digestibility in sheep given cereal straw-based diets. *Journal Agriculture Science.*, v.125, p.145- 151, 1995.

PHIPPS, R.H. (Ed.). Improvement of quality traits of maize for grain and silage use. Bruxelas: Martinus Nijhoff Publ., 1980. p.319-339.

GLINDEMANN, T.; TAS, B. M.; WANG, C. et al. Avaliação de dióxido de titânio como um marcador inerte para estimar a excreção fecal em ovelhas de pasto. *Ciência e Tecnologia Animal Feed*, v.152, p.186-197, 2009.

GREENHALGH, J.F.D. An introduction to herbage intake measurements. In: LEAVER, J.D. Herbage Intake Handbook. Hurley, UK: The British Grassland Society, 1982. p.1-10.

HADDAD, C. M.; CASTRO F. G. F. Produção de feno. In: MANEJO DE PASTAGENS DE TIFTON, COASTCROSS E ESTRELA. Piracicaba: FEALQ, 1998. Anais... p.151-171.

HEMKEN, R. W.; CLARK, N. A.; GOERING, H. K. et al. Nutritive value of corn silage as influenced by grain content. *Journal Dairy Science.*, v.54, p.383-389, 1971.

HILL, G.M.; GATES, R.N.; BURTON, G.W. Forage quality and grazing steer performance from Tifton 85 and Tifton 78 bermuda grass pastures. *Journal of Animal Science*, v.71, p. 3219-3225, 1993.

ÍTAVO, L. C. V.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, F. F. et al Consumo, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente de fenos de gramíneas do gênero *Cynodon* e rações concentradas utilizando indicadores internos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, p.1024-1032, 2002.

LE DU, Y. L. P., PENNING, P. D. Animal based techniques for estimating herbage intake. In: LEAVER, J.D. Herbage intake handbook. Dumfries: The British Grassland Society. p.37-76. 1982.

LIMA, L. P.; VELOSO, C. M.; SILVA, F. F. et al. Bagaço de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) na dieta de vacas leiteiras: consumo de nutrientes. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.60, p.1004-1010, 2008.

LIPPKE, H.; ELLIS, W. C.; JACOBS, B. F. Recovery of indigestible fiber from feces of sheep and cattle on forage diets. *Journal of Dairy Science*, v.69, n.2, p.403-412, 1986.

LOPES, F. C. F. Consumo de forrageiras tropicais por vacas em lactação sob pastejo em sistemas intensivos de produção de leite. III SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE GADO DE LEITE: PRODUÇÃO DE LEITE EM PASTO. Escola de Veterinária da UFMG, Anais...2007.

MACÊDO, G. A. R.; VIANA, M. C. M.; OLIVEIRA, J. S. Características agronômicas e bromatológicas de variedades de cana-de-açúcar na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., João Pessoa. Anais... SBZ, 2006. CD-ROM.

MAYES, R.W. The quantification of dietary intake, digestion and metabolism in farm livestock and its relevance to the study of radionuclide uptake. *Science Total Environ.*, v.85, p.29-51, 1989.

MERCHEN, N. R. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: CHURCH, D.C. (Ed.) *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1988. p.172-201.

MICHALET-DOREAU, B.; DOREU, M. Maize genotype and ruminant nutrition. *Science. Alim.*, v.19, p.349-365, 1999.

MINSON, D. J. Forage in ruminant nutrition. San Diego: Academic Press, Inc., 1990. 483p.

MINSON, D.; WILSON, J. R. Prediction of intake as an element of forage quality. In: FAHEY JR., G. C. (Ed.) *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1994. p. 533-563.

MORAES, K. A. K.; VALADARES FILHO, S. C.; MORAES, E. H. B. K. et al. Consumo de novilhas de corte alimentadas com cana-de-açúcar com óxido de cálcio e diferentes ofertas de concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., Jaboticabal. Anais... SBZ, 2007. CD-ROM.

MYERS, W. D.; LUDDEN, P. A.; NAYGHIHUGU, V. et al. Technical Note: a procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. *Journal of Animal Science*, v.82, n.1, p.179-183, 2004.

MYERS, W. D.; LUDDEN, P. A.; NAYGHIHUGU, V. et al. Padrões de excreção de dióxido de titânio e óxido de cromo na digesta duodenal e das fezes de ovelhas. *Pesquisa de Pequenos Ruminantes*, v.63, p.135-141, 2006.

OBA, M.; ALEN, M. S. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. *Journal Dairy Science*. v. 82, n.1 p.135-142, 1999.

OWENS, F. N.; HANSON, C. F. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. *Journal of Dairy Science*, v. 75, n. 9, p. 2605-2617, 1992.

PENNING, P. D.; JOHNSON, R. H. The use of internal markers to estimate herbage digestibility and intake. *Journal of Agricultural Science*, v.100, p.127-131, 1983.

PERIPOLLI, V. Uso do nitrogênio fecal para estimar o consumo e a digestibilidade em ruminantes em pastejo. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010, 76p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. *Animal Feed Science Technology*., v.68, p.25-35, 1997.

PHILIPPEAU, C.; LANDRY, J.; MICHALET-DOUREAU, B. Influence of the biochemical and physical characteristics of the maize grain on ruminal starch degradation. *Journal. Agriculture Food Chemical*., v.46, p.4287-4291, 1998.

PHIPPS, R. H.; WELLER, R. F. The development of plant components and their effects on the composition of fresh and ensiled forage maize. 1. The accumulation of dry matter, chemical composition and nutritive value of fresh maize. *Journal Agriculture Science*, v.92, p.471-483, 1979.

RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R. et al. Qualidade de dez variedade de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, Goiânia: SBZ; FEALQ, 2001. Anais... p.1111-1113.

RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R. et al. Qualidade de nove variedade de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43. João Pessoa: SBZ; Anais... 2006. CD-ROM.

RODRIGUEZ, N. M.; GUIMARÃES JUNIOR, R. Utilização de subprodutos da agroindústria na alimentação de vacas de leite. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 3, Belo Horizonte: EV/UFMG, Anais... 2005. p.65- 91.

RODRIGUEZ, N. M; SALIBA, E. O. S.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. IN: 43ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, João Pessoa: SBZ; Anais... 2006. CD-ROM.

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. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, 1998, 251p. Tese (Doutorado em Ciência Animal).

SALIBA, E. O. S.; RODRIGUEZ, N. M.; PILO-VELOSO, D. Purified lignin extruded from *Eucalyptus grandis* (PELI), used as an external marker in digestibility trials in various animal species. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9., Porto Alegre: WAAP/ALPA/SBZ/UFRGS; Anais... 2003.

TITGEMEYER, E. C. Design and interpretation of nutrient digestion studies. *Journal Animal Science*, v. 75, p. 2235-2247, 1997.

TITGEMEYER, E. C.; AMENDARIZ, C. K.; BINDEL, D. J. et al. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker in cattle. *Journal Animal Science* 79:1059–1063. 2001.

VALADARES FILHO, S. C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa: SBZ; Anais... p.267-337. 2000.

VALADARES FILHO, S. C.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA Jr.; V. R. et al. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. 2.ed. Viçosa: DZO/UFV, 2006. 329p.

VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. New York: Cornell University Press, 1994, 476p.

ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N.; DIAN, P. H. M. et al. Recuperação fecal de marcadores internos avaliados em ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.4, p.1865- 874. 2002.

CAPITULO 3 - UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES INDICADORES NA DETERMINAÇÃO DO CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E PRODUÇÃO FECAL EM BOVINOS, COMPARADOS COM A COLETA TOTAL DE FEZES

1. INTRODUÇÃO

A busca de novas técnicas para determinar valor nutritivo dos alimentos tem sido objetivo de diversos estudos envolvendo animais. Neste contexto, o estudo da digestibilidade, consumo e produção fecal é uma prática imprescindível na formulação de dietas para os animais. Portanto são fatores limitantes da eficiência produtiva do animal, dependentes das características do alimento, ambiente e suas interações, e dos fatores inerentes do próprio animal (Peripolli., 2010).

A determinação direta da produção fecal, conhecida como coleta total de fezes *in vivo* é um processo dispendioso e requer controle rigoroso dos consumo e produção fecal do animal. Apesar dos procedimentos *in vivo* terem suas limitações em alguns casos, os mesmos continuam como referência, tanto na avaliação dos alimentos, como na validação de métodos alternativos de determinação.

No sentido de desenvolver alternativas que possibilitem estimar a produção fecal, digestibilidade, e indiretamente o consumo, foram propostas às técnicas dos indicadores, que são monitores químicos segundo Owens e Hanson (1992) para determinação quantitativa e qualitativa de fenômenos fisiológicos e nutricionais.

Os indicadores podem ser classificados como internos, representados por substâncias indigestíveis presentes naturalmente em algum componente da dieta, e externos, quando adicionados à dieta ou fornecidos via oral.

2. OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram determinar através de diferentes técnicas, o consumo, digestibilidade e a produção fecal de novilhas mestiças Holandês x Gir. Para tanto foram utilizadas a coleta total,(metodologia padrão), os indicadores externos LIPE[®], dióxido de titânio e os indicadores internos matéria seca indigestível e fibra detergente neutro indigestível a 264 horas de incubação *in situ*, e matéria seca indigestível e fibra detergente neutro indigestível a 72 e 144 horas de incubação *in vitro*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO EXPERIMENTAL, ANIMAIS E INSTALAÇÕES

O experimento foi conduzido na fazenda experimental da Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal (CEDAF), na cidade de Florestal (19° 53' 20"S 44° 25' 58"W), em Minas Gerais, a 60 km da capital, Belo Horizonte. O clima nessa região é considerado tropical de altitude. As análises laboratoriais foram conduzidas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais (LABNUTRI/EV-UFMG). Foram utilizadas nove novilhas mestiças de Holandês x Gir, fistuladas no rúmen, com 480 kg de peso vivo médio inicial e 24 meses de idade, mantidas em baias individuais do tipo *tie stall*, piso de concreto, cobertas, equipadas com bebedouros individuais automáticos, e cochos para o fornecimento da dieta. A figura 1 ilustra parcialmente as instalações.

Figura 1. Instalações experimentais.



Fonte: Arquivo pessoal

O experimento teve duração de 45 dias, divididos em 3 períodos de 15 dias. Os animais foram pesados, identificados e vermifugados no início do experimento e mantidos por 10 dias em período de adaptação à dieta experimental e às instalações e cinco dias de coleta (fezes, alimentos oferecidos e sobras). Foram realizadas pesagens ao final de cada período com a finalidade de ajuste das dietas.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL ESTATÍSTICO

O delineamento experimental estatístico utilizado foi um quadrado latino triplo simultâneo com arranjo em parcelas subdivididas. Os dados foram avaliados pelo programa SISVAR, utilizando o teste SNK à 95% de probabilidade. A tabela 1 descreve a análise de variância.

Tabela 1: Análise de variância

FONTES DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Total	26
Quadrado Latino	2
Período	2
Animal	6
Dieta	2
Erro A	14
FONTE DE VARIAÇÃO	
Total	242
Indicadores	8
Interação (dieta x indicadores)	16
Erro B	192

Onde: $Y_{ijklm} = \mu + P_i + S_j + D_k + Z_l + W_m + A_{ij} + e_{ij}$;

μ = média geral; P_i = efeito do período; S_j = efeito do animal; D_k = efeito da dieta; Z_l = efeito da subparcela; W_m = efeito dos indicadores; PS_{ijklm} = interação dos efeitos da dieta com o indicador; E_{ij} = erro aleatório.

3.3 DIETAS EXPERIMENTAIS

Foram avaliados três tratamentos constituídos por diferentes fontes volumosas nas dietas experimentais: silagem de milho (*Zea mays*, L.), feno de capim-tifton (*Cynodon spp.*) e cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). As dietas foram suplementadas com concentrado

à base de fubá de milho, farelo de soja e premix mineral, a fim de suprir os requerimentos nutricionais dos animais do presente estudo e foram balanceadas para serem isonitrogenadas (14% PB), constituindo-se de volumoso e concentrado, na proporção 75:25.

Os ingredientes dietéticos foram pesados e misturados manualmente duas vezes ao dia para fornecimento às 8:00 e às 16:00 horas na forma de dieta completa, sendo o consumo medido diariamente, permitindo 5 a 10% de sobras diárias. A composição em ingredientes e químico-bromatológica das dietas experimentais é descrita nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Composição das dietas experimentais, em ingredientes, com base na % de Matéria Seca (MS).

Ingredientes	Dietas		
	Silagem de Milho	Cana-de-açúcar	Feno de Tifton
Silagem de Milho	74,1	-	-
Cana-de-açúcar	-	73,8	-
Feno de Tifton	-	-	74,5
Milho Moído	16,3	-	21,5
Farelo de Soja	8,9	25,5	3,3
Minerais e Vitaminas	0,7	0,7	0,7

¹Minerais e Vitaminas: 150 g de Ca; 90 g de P; 17,78 g de Mg; 15,4 g de S; 114 g de Na; 1.500 mg de Mn; 4.000 mg de Zn; 1.200 mg de Cu; 145 mg de Co; 90 mg de I; 38 mg de Se; 900 mg de F; 200.000 UI de Vit A; 50.000 UI de Vit D e 1500 mg de Vit E por kg de mistura.

Tabela 3. Composição das dietas experimentais, em nutrientes, com base % de Matéria Seca.

Nutriente	Dietas		
	Silagem de Milho	Cana-de-açúcar	Feno de Tifton
Proteína bruta	13,9	13,5	13,8
Fibra em detergente neutro	51,3	50,8	61,8
Cinzas	5,2	5,4	6,4
Extrato etéreo	2,7	1,1	2,3
Carboidratos não-fibrosos	26,9	29,2	15,7
Carboidratos totais	78,2	80,0	77,5
Matéria seca (%MN)	31,5	37,1	89,4

3.4 CONSUMO REAL

A dieta fornecida bem como as sobras de cada animal foram registradas diariamente antes da alimentação matinal. Uma amostra composta foi formada por novilha, em cada período, com base na matéria seca, das coletas diárias dos alimentos e sobras. O consumo diário de matéria seca (CMS) foi calculado multiplicando-se o consumo diário de matéria natural (CDMN) de cada alimento, entre 10° e 15° dia de cada período, por seu respectivo teor de matéria seca, seguido de subtração da sobra de matéria seca, conforme a fórmula descrita abaixo:

$$\text{CMS} = (\text{CDMN} \times \% \text{MS}) - \text{MS (sobras)}$$

A ingestão diária de nutrientes por animal foi calculada multiplicando o oferecido de matéria seca de cada ingrediente por seu respectivo teor nutritivo. Do total de nutrientes oferecidos, foi subtraída a sobra diária do mesmo nutriente de cada animal.

Durante o período de coleta, amostras dos volumosos, concentrados e das sobras de cada animal foram coletadas diariamente, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer a -20°C. Ao final do período foram feitas amostras compostas “pool”, de cada animal.

3.5 Digestibilidade aparente e *in vitro*

A digestibilidade aparente dos alimentos foi determinada por meio da coleta total de fezes e controle dos alimentos oferecidos e das sobras dos animais num período de cinco dias consecutivos, compreendidos entre o 10° e 15° dia de cada período. A cada 24 horas, a produção fecal obtida pela defecação espontânea de cada animal, foi pesada, homogeneizada e foram retirada amostras de aproximadamente 200g de fezes. Durante o período de coleta total, as fezes foram continuamente congeladas e uma amostra composta foi formada por novilha com base na matéria seca, por período. A produção fecal média foi obtida pela média dos cinco dias de coleta.

Além da digestibilidade aparente, foram realizadas a digestibilidade *in vitro* da matéria seca das diferentes dietas nos diferentes períodos. As amostras das dietas ofertadas foram coletadas diariamente e individualmente (por animal), e ao final de cada período, foram realizadas amostras compostas.

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca foi realizada segundo Tilley e Terry (1963). Os resultados obtidos através da digestibilidade *in vitro* são demonstrados na tabela 4.

Tabela 4. Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca expressa em %, das dietas referentes à base de Silagem de Milho (SM), Cana-de-Açúcar (CA) e Feno de Tifton (FT). nos três períodos experimentais.

Períodos	Dietas		
	SM	CA	FT
1	68,10	67,01	66,99
2	69,8	69,01	70,00
3	69,6	69,01	69,99

3.6 UTILIZAÇÃO DOS INDICADORES PARA DETERMINAÇÃO DO CONSUMO, PRODUÇÃO FECAL E DIGESTIBILIDADE

Para estimativa do consumo, produção fecal e digestibilidade, foram utilizados como indicadores internos a matéria seca indigestível (MSi), a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), e os indicadores externos LIPE[®] e o dióxido de titânio (TiO₂).

3.6.1 FORNECIMENTO DOS INDICADORES EXTERNOS LIPE[®] E TIO₂

O indicador externo LIPE[®] foi fornecido na forma de cápsulas, na dose de 0,5g por novilha diariamente, por meio da cânula ruminal, com dois dias para adaptação acrescido do fornecimento durante todo o período de coleta (cinco dias), no total foram fornecido sete cápsulas/animal/período.

O TiO_2 foi fornecido aos animais em cápsulas de celulose, contendo 10g, diretamente, por meio da cânula ruminal, uma vez ao dia durante sete dias de adaptação e quatro dias de coleta, totalizando 11 cápsulas. A tabela 5 demonstra o período de fornecimento dos indicadores durante cada etapa experimental.

Tabela 5. Administração dos indicadores externos LIPE[®] e TiO_2 por dia e período de coleta.

		Fornecimentos dos indicadores externos													
Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
LIPE [®]									x	x	xc	xc	xc	xc	c
TiO ₂				x	x	x	x	x	x	x	xc	xc	xc	xc	c

*Os quadros marcados com a letra x correspondem ao período de fornecimento dos indicadores, e os quadros marcados com letras “xc” ou apenas a letra ”c”, correspondem ao período de coleta.

Ao final do 15° dia, dava-se início a um novo período, com novos tratamentos, porém o período de adaptação dos indicadores era mantido.

3.6.2 OBTENÇÃO DOS INDICADORES INTERNOS, MSi E FDNi

Amostras de todos os volumosos, concentrados, sobras e fezes foram incubadas no rúmen de um animal durante 264 horas conforme sugerido por Casali et al. (2008), para a obtenção das frações indigestíveis dos alimentos MSi e FDNi, *in situ*, além das incubações *in situ*, foram realizadas incubações *in vitro* nos tempos de 72 horas como sugerido por (Berchielli et al., 2000) e 144 horas (Conchran et al., 1986; Berchielli et al., 2000), para os mesmos indicadores internos.

Para realização da incubação ruminal (*in situ*), foram utilizados sacos de tecido não tecido (TNT), de densidade 100g/cm^2 . As amostras dos alimentos oferecidos, sobras e fezes foram moídas em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm, e acondicionadas nos sacos de filtragem TNT, em uma quantidade de 20 a 25 mg de matéria seca por cm^2 de superfície, aproximadamente 1 g de amostra, respeitando os dois lados dos recipientes a figura 2,3, e 4 ilustram o procedimento básico para o processo de incubação ruminal. Após 264 horas de incubação *in situ*, os recipientes de filtragem foram retirados do rúmen e lavados com água corrente. Em seguida foram levados a estufa, e após secos, foram pesados e o resíduo foi utilizado para a determinação da MSi. O FDNi foi determinado de maneira sequencial a obtenção da MSi, onde os recipientes foram lavados com solução de detergente neutro, depois secos em estufa, e por último foram pesados, sendo seu resíduo utilizado para determinar a fração indigestível da FDN.

Figura 2. Recipientes de filtragem (TNT).



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 3. Processo de incubação ruminal



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 4. Retirada do material incubado.



Fonte: Arquivo pessoal

Para as determinações *in vitro* da MSi nos diferentes tempos, 72 e 144 horas, as amostras também foram moídas em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm, porém acondicionadas em recipientes de filtragem (sacos), padronizados da ANKON, “filter bags” F-57, respeitando 0,5g de amostra por recipiente.

O líquido ruminal utilizado para a determinação *in vitro*, das frações indigestíveis, foi retirado de um bovino macho mestiço, fistulado no rúmen, estabulado na Escola de Veterinária da UFMG, recebendo dieta balanceada de volumoso e concentrado. As amostras de FDNi determinados pela metodologia *in vitro*, nos tempos de 72 e 144 horas, fora realizadas de maneira sequencial após obtenção da MSi, onde os recipientes de filtragem foram lavados com solução de detergente neutro, e após secos, foram pesados e seu resíduo foi utilizados para determinar a FDNi.

3.7 ANÁLISES QUÍMICAS

As análises das amostras de alimentos, sobras, fezes sofreram pré-secagem à 55°C. Posteriormente foram moídas em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm e armazenadas em recipientes plásticos para realização das análises químicas. As análises dos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) foram realizadas conforme recomendações do INCT (2012). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados segundo as técnicas descritas por Silva (1998).

As porcentagens de carboidratos não-fibrosos (CNF) e totais (CT) foram obtidas pelas equações propostas por Sniffen et al. (1992): $CNF = 100 - (\%FDN + \%PB + \%EE + \%cinzas)$ e $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinzas)$. Os carboidratos totais (CT) e os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados segundo o método descrito por Sniffen et al. (1992), em que: $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinzas)$. O NDT das dietas foi calculado segundo equação descrita pelo NRC (2001), em que $NDT = \%PB \text{ digestível} + \%FDN \text{ digestível} + \%CNF \text{ digestível} + 2,25*\%EE \text{ digestível}$.

A análise do indicador LIPE[®] foi realizada por espectroscopia no infravermelho, em equipamento Varian-800[®] com transformada de Fourier (FT-IV). (Saliba, 2005).

Para a determinação do dióxido de titânio, foram realizados os procedimentos segundo Myers et al. (2004) através da Espectroscopia eletrônica molecular, baseada na colorimetria.

Para a obtenção da produção fecal (PF) a partir dos indicadores externos foram realizados a seguintes fórmulas:

$$PF = \frac{\text{LIPE}^{\text{®}} \text{ fornecido (g)}}{(\text{LIPE}^{\text{®}} \text{ nas fezes} \times \text{MS fecal})}$$

ou

$$PF = \frac{\text{TiO}_2 \text{ fornecido (g)}}{(\text{TiO}_2 \text{ nas fezes} \times \text{MS fecal})}$$

Para obtenção do consumo a partir dos indicadores externos LIPE[®] e TiO₂ foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{Consumo} = \frac{\text{PF}}{1 - \text{Digestibilidade}}$$

Para obtenção do consumo a partir dos indicadores internos foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{Consumo de Matéria Seca (g)} = \frac{\text{Excreção do indicador interno nas Fezes (g)}}{\% \text{ Indicador Interno no Alimento Ingerido}}$$

Para obtenção da digestibilidade a partir dos indicadores internos foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{Digestibilidade} = 100 - 100 \times \left[\frac{\% \text{ Indicador no alimento}}{\% \text{ Indicador nas fezes}} \right]$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CONSUMOS VERDADEIROS DOS DIFERENTES NUTRIENTES DAS DIETAS

Os consumos médios diários de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não-fibrosos (CNF), carboidratos totais (CHO) e nutrientes digestíveis totais (NDT), para dieta total. E consumo de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), provenientes do volumoso, em kg por dia e os consumos de MS e FDN em função do peso vivo são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Consumo de nutrientes em novilhas recebendo dietas à base de silagem de milho (SM), cana-de-açúcar (CA) e feno de Tifton (FT)

Variáveis	Dietas			EPM ¹	P ²
	SM	CA	FT		
Consumo da Dieta Total (kg/dia)					
Matéria seca	10,6	10,2	9,56	0,52	0,33
Matéria orgânica	10,2	9,7	8,9	0,50	0,25
Proteína bruta	1,4	1,6	1,4	0,07	0,07
Extrato etéreo	0,3 ^a	0,1 ^c	0,2 ^b	0,01	<0,01
Fibra em detergente neutro	5,2	4,8	5,7	0,28	0,16
Carboidratos não-fibrosos	3,2 ^a	3,1 ^a	1,7 ^b	0,17	<0,01
Nutrientes digestíveis totais	7,6	7,0	6,5	0,42	0,26
Consumo de Volumoso (kg/dia)					
Matéria seca	8,0	7,6	7,1	0,39	0,31
Fibra em detergente neutro	3,9	3,6	4,3	0,22	0,14
Consumo (% PV)					
Matéria seca	2,2	2,1	2,0	0,12	0,44
Fibra em detergente neutro	1,1	1,0	1,2	0,07	0,26

EPM¹ = Erro padrão da média/ P^2 = Valor de probabilidade para o efeito de dieta, Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúscula na coluna representam diferença pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Os consumos de matéria seca (kg/dia) não diferiram entre as dietas experimentais (Tabela 6). Apesar da ausência de diferença significativa, os animais que receberam dietas contendo silagem de milho ingeriram, em média, 0,5 kg de matéria orgânica em relação aos que os que receberam a cana e 1,2 kg em relação aos que receberam feno como volumoso, fato que pode ser atribuído ao maior consumo de FDN proveniente do volumoso na dieta com feno de tifton, concordando com relato de Cabral et al. (2006), apesar da pequena tendência ($P=0,14$), com comprovado por Cavalcante et al. (2004). Quando foram comparados silagem de milho e cana, não foram encontrados diferenças significativas, fato verificado também por Costa et al. (2005), Rangel et al. (2010).

Quando determinado o consumo em função do peso vivo, registrou-se um consumo médio geral de matéria seca de 2,1%, valor este próximo ao preconizado pelo NRC (2001), para essa categoria animal, nas condições fisiológicas e de peso em que se encontram. Quanto ao consumo de FDN em função do peso vivo, este mostrou-se estatisticamente igual entre as dietas estudadas. Os resultados encontrados neste trabalho, para consumo de FDN em função do PV, independente do volumoso utilizado, encontram-se dentro desse limite, ressaltando-se que para dietas à base de cana ou silagem os valores foram inferiores aos descritos para máxima ingestão de MS, fato também observado por Mendonça et al. (2004) e Costa et al. (2005) ao testarem dietas contendo silagem de milho ou cana-de-açúcar como volumoso exclusivo. Para a dieta a base de feno esse percentual foi exatamente igual ao limite de 1,2% proposto pelo pesquisador supracitado. Segundo Van Soest (1994), se a parede celular é limitante da ingestão, ela tem máximo de ingestão constante. Contudo, neste estudo, o nível de FDN na dieta não foi limitante no controle da ingestão voluntária. Como a relação volumoso: concentrado V:C (75:25) foi a mesma para todas as dietas, pode-se inferir que em todas as dietas o controle da ingestão foi realizado pela demanda energética do animal, de acordo com as considerações realizadas por Conrad et al. (1964) e Van Soest (1994), os quais relataram que, em dietas com digestibilidade superior a 66%, como observado nesse estudo para todas as dietas, o consumo de matéria seca é controlado por fatores fisiológicos.

A cana-de-açúcar tem sido correlacionada negativamente à ingestão de matéria seca, não apenas pela fração indigestível da fibra, mas também pela baixa taxa de digestão da fibra potencialmente degradável, as quais apresentam elevado efeito de repleção ruminal (Pereira et al., 2000). Segundo Van Soest (1994), o consumo de FDN é o que melhor representa a capacidade de consumo para dietas à base de volumosos e outras rações com quantidades médias e baixas de concentrado, pois são os constituintes da parede celular que ocupam maior espaço no rúmen.

O consumo de matéria orgânica, proteína bruta, carboidratos totais e nutrientes digestíveis totais seguiu a mesma tendência que os consumos de matéria seca, não diferindo entre as dietas (Tabela 6), fato que foi também evidenciado nos estudos de Cavalcante et al. (2004), onde avaliou a substituição de feno por silagem para novilhos

Dias (2009) ao avaliar dietas com cana ou silagem de milho para novilhas em dietas

com relação V:C (100:0 ou 75:25) também não detectou diferenças quanto ao consumo de MO e PB.

Os consumos médios de CNF foram maiores nas dietas com silagem de milho e cana, o que se justifica pelo maior teor desse nutriente nestas dietas (Tabela 6). O mesmo foi observado para a fração EE, cujo maior consumo foi registrado para a dieta de silagem, seguida pelo feno e, finalmente pela dieta de cana, resultados estes que refletem o percentual desta fração nas respectivas dietas. Fato semelhante foi observado por Cabral et al. (2006) ao avaliar diferentes volumosos.

Acima foi feita uma extensa discussão sobre os consumos dos nutrientes separadamente. Julgou-se interessante esta discussão tendo em vista que será utilizada a fração fibrosa indigestível como um das ferramenta para a determinação da digestibilidade das dietas.

4.2 PRODUÇÃO FECAL OBTIDA PELA COLETA TOTAL E DETERMINADA COM O USO DE INDICADORES

A produção fecal aparente (PFA) através da coleta total de fezes e as estimativas da produção fecal determinadas pelos indicadores LIPE[®], dióxido de titânio, MSi e FDNi *in situ* incubados por 264 horas (h), MSi e FDNi *in vitro* incubados por 72 horas e 144 horas (h) são apresentados na tabela 7.

Tabela7- Produção fecal verdadeira e estimada por diferentes indicadores, expressa em kg de matéria seca em diferentes dietas, silagem de milho (SM), feno de tifton (FT), cana-de-açúcar (CA).

Indicador	Dieta			Média
	SM	FT	CA	
Coleta total	3,17	2,89	3,07	3,05 AB
LIPE [®]	3,15	3,07	2,87	3,03 AB
TiO ₂	3,08	2,97	2,95	2,99 AB
MSi 264 (h)	2,95	2,95	3,00	2,97 AB
FDNi 264 (h)	2,40	2,72	2,19	2,44 C
MSi 72 (h)	3,16	2,72	3,54	3,14 AB
FDNi72 (h)	3,33	3,28	3,42	3,35 A
MSi144 (h)	3,05	2,92	3,03	2,99 AB
FDNi 144 (h)	2,94	2,36	3,05	2,78 B

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúscula na coluna representam diferença pelo teste SNK (P<0,05). CV (%) = 20,56.

Analisando os dados da tabela 7, observa-se que não houve interação entre indicadores e as diferentes dietas, silagem de milho, feno de tifton e cana-de-açúcar. Este fato discorda do encontrado por Berchielli et al. (2005) onde relataram um comportamento diferenciado dos indicadores de acordo com cada volumoso estudado, indicando que, possivelmente, a

razão para essa diferença esteja associada à constituição da fibra e à sua influência na taxa e extensão de degradação dos seus próprios componentes.

Como não houve interação entre indicador e dieta, a discussão se dá pelas médias marginais impostas por todos os indicadores, incluindo a coleta total, que é o parâmetro básico para as comparações.

A produção fecal estimada pelo LIPE[®], quando comparadas a coleta total, não apresenta diferença média significativa pelo teste SNK com 95% de probabilidade. Ou seja, os dados apresentados do indicador demonstraram coerência em determinar a produção fecal, quando comparadas a coleta total.

Os dados de produção fecal encontrados utilizando o indicador LIPE[®] foi de 3,03 kg enquanto a coleta total foi de 3,05, portanto corroboram com os dados obtidos por Saliba et al. (2003), trabalhando com ruminantes, comparando a coleta total de fezes e estimativas com o LIPE[®], em um ensaio avaliando o feno de Tifton 85 em dietas para ovinos, onde verificaram os resultados obtidos mediante as duas formas de mensuração (indicador versus coleta total) que resultaram em resposta semelhantes para os valores de produção fecal de 365,39 g/dia e 383,07 g/dia, respectivamente.

Paixão et al (2007), avaliando a variação na excreção fecal de diversos indicadores, dentre eles o LIPE[®], comparados com a coleta total em novilhos, concluíram que este indicador pode estimar satisfatoriamente a produção fecal, promovendo uma recuperação fecal próxima de 100%.

Silva et al. (2008), Merlo et al. (2008) e Silva et al. (2008b), trabalhando com ovinos, não observaram diferença entre os dados encontrados pelo método de coleta total de fezes e o LIPE[®] na determinação da digestibilidade em dietas com níveis crescentes de castanha de caju, farelo de coco e torta de babaçu, respectivamente.

A produção fecal estimada pelo dióxido de titânio encontrada foi de 2,99 kg, enquanto para produção fecal verdadeira foi de 3,05 kg. Estes dados afirmam não haver diferença significativa para o teste SNK com 95% de probabilidade.

Estes resultados concordam em partes com os dados obtidos por Titgemeyer et al. (2001), quando conduziram três experimentos com novilhos, avaliando a acurácia dos indicadores Cr₂O₃ e TiO₂. No primeiro experimento, os animais foram alimentados com dietas baseadas em feno e concentrado e nos demais com dietas à base de milho laminado a seco e farelo de soja. Somente no primeiro experimento o TiO₂ estimou valores de excreção fecal semelhantes aos obtidos da coleta total de fezes, e nos demais, os valores foram subestimados.

Glidemann et al. (2009), avaliando a produção fecal estimada pelo dióxido de titânio em ovinos, encontraram valores de produção fecal e recuperação fecal semelhantes aos obtidos com a coleta total de fezes.

Marcondes et al. (2006a) utilizaram novilhas mestiças alimentadas à base de cana de açúcar e concentrado para avaliar o TiO₂ na estimação da produção fecal obtida em três ou seis dias de coleta de fezes. Estes pesquisadores concluíram que apenas três dias o TiO₂ foi suficientemente capaz para estimar a coleta total quando comparadas a produção fecal real.

Ferreira et al. (2009a) realizaram experimento em condições semelhantes e também concluíram que apenas três dias de coleta para o dióxido de titânio seriam suficientes para a determinação da produção fecal.

A utilização das frações indigestíveis dos alimentos para a determinação da produção fecal foi também realizada e está apresentada na tabela 7. A produção fecal estimada pela MSi em 264 horas de incubação *in situ* foi semelhante a produção fecal verdadeira, apresentando valores de 2,97 kg e 3,05 kg respectivamente. Estes dados corroboram com o tempo proposto para obtenção das frações indigestíveis dos alimentos de acordo com (Casali et al., 2008; Sampaio et al., 2011).

Foi realizada neste experimento incubações *in situ*, de 264 horas, não preconizado pelo INCT-CA (2009), que é de 240 horas, com o intuito de avaliar as fibras da dieta com um tempo maior. Onde verificou que este tempo maior foi capaz de estimar a produção fecal a partir da MSi, semelhante a coleta total, nas três dietas.

Zeoula et al. (2009) ao confrontarem diferentes alimentos, tempos de incubação e espécies animais (bovinos e bubalinos), encontraram interação entre espécie e alimento. No mesmo estudo, recomendaram tempos de incubação de, no mínimo, 214 horas em bubalinos, e de 224 horas em bovinos, para a obtenção da matéria seca indigestível (MSi).

Os dados encontrados para a produção fecal obtida com o indicador FDNi, em 264 horas de incubação *in situ* para o teste SNK, com probabilidade de 95%, apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$), quando comparados com a coleta total, onde os valores encontrados 2,44 kg para FDNi 264 horas incubados subestimaram os valores de produção fecal real, em que os valores eram de 3,05 kg. Alguns fatores como o tamanho de partícula e a análise sequencial podem ter influenciado os valores subestimados com o FDNi. As amostras foram moídas a 1mm, portanto aos tratamentos sucessíveis pós incubação ruminal, ou seja, a filtração com o detergente neutro, pode ter exercido alguma influencia na estimativa de produção fecal.

Foram realizados ensaios *in vitro* para obtenção das frações indigestíveis dos alimentos. Foram realizados tempos de incubações de 72 horas e 144 horas, como proposto por Conchran et al., 1986; Berchielli et al., 2000; Freitas et al., 2002; Oliveira Júnior et al., 2004; Cabral et al., 2008.

A produção fecal estimada através da MSi em 72 e 144 horas de incubação *in vitro*, não diferiram estatisticamente da coleta total de fezes pelo teste SNK a 95% de probabilidade. Estes resultados concordam em partes com os dados obtidos por Berchielli et al. (2000), onde foram realizados ensaios com tempos de incubação de 72 e 144 horas, e observaram que o menor tempo de incubação não reproduziu a fração indigestível do indicador, evidenciando a necessidade de maiores tempos de incubação.

A produção fecal estimada pelos indicadores FDNi em 72 e 144 horas de incubação *in vitro*, tiveram comportamento diferentes entre si quando comparadas a coleta total. A FDNi incubada por 72 horas, não apresentou diferença significativa em relação os dados obtidos pela coleta total, apresentando uma produção fecal de 3,35 kg contra 3,05 kg obtidos com a coleta total.

Estes dados vão contra aos dados obtidos por Berchielli et al. (2000), onde foram utilizados 72 e 144 horas de incubação, neste estudo os tempos de 72 horas não foram suficientes para estimar a produção fecal através da FDNi.

Já a incubação *in vitro* por 144 horas, os valores subestimaram a produção fecal em comparação a coleta total, os valores encontrados foram 2,78 kg e 3,05 kg respectivamente. No entanto, por se tratar de incubação *in vitro*, especial atenção deve ser dada à duração da atividade do inóculo, haja vista o acúmulo de produtos finais da fermentação e o decréscimo do pH do meio (Traxler, 1997).

4.3 CONSUMO REAL E ESTIMADO PELOS INDICADORES

O consumo real (CR) e o consumo estimado determinadas pelos indicadores LIPE[®], dióxido de titânio, MSi e FDNi *in situ* incubados por 264 horas (h), MSi e FDNi *in vitro* incubados por 72 horas e 144 horas (h) são apresentados na tabela 8.

Tabela 8. Consumo real e consumo estimado por indicadores expressa em kg de matéria seca em diferentes dietas, silagem de milho (SM), feno de tifton (FT), cana-de-açúcar (CA).

Indicador	Dieta			Média
	SM	FT	CA	
Consumo real	10,6	9,56	10,2	10,16 AB
LIPE [®]	10,24	9,79	9,43	9,82 AB
TiO ₂	9,98	9,47	9,55	9,66 AB
MSi 264 (h)	10,28	9,47	9,66	9,80 AB
FDNi 264 (h)	10,49	10,11	10,07	10,23 A
MSi 72 (h)	9,32	8,91	8,05	8,77 C
FDNi72 (h)	9,39	9,09	9,39	9,29 BC
MSi144 (h)	9,89	9,50	9,43	9,61 AB
FDNi 144 (h)	10,18	9,79	10,39	10,12 AB

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúscula na coluna representam diferença pelo teste SNK (P<0,05). CV (%) = 10,17

Interpretando a tabela 8, em relação ao consumo, apenas o indicador MSi a 72 horas de incubações *in vitro* diferiu estatisticamente (P<0,05) do consumo verdadeiro.

O consumo estimado pelos demais indicadores, LIPE[®], TiO₂, MSi e FDNi 264 horas incubadas *in situ*, MSi 144 horas e FDNi 72 e 144 horas incubados *in vitro*, foram semelhantes estatisticamente ao consumo real, avaliados pelo teste SNK com 95% de probabilidade

Oliveira et al. (2005) relataram que o LIPE[®], administrado em dose única (15:00 h) em cápsulas contendo 0,5 g, mostrou-se ser um indicador externo capaz de estimar satisfatoriamente o consumo de MS de novilhos da raça Nelore manejados sob condição de pastejo em *Brachiaria brizantha* cv. Marandú.

Em estudo realizado por Silva et al. (2010) o LIPE[®] foi eficaz para predizer o consumo de novilhas alimentadas com cana-de-açúcar e uréia. Silva et al. (2011) demonstraram a eficiência do LIPE[®] em estudo com vacas em lactação, no qual não foi encontrada diferença significativa entre o consumo de matéria seca estimado pelo indicador e o consumo real estimado pela coleta total.

Lima et al, (2008) em ensaio testando o óxido crômico e o LIPE[®] nas estimativas de consumo de matéria seca por bovinos de corte, recomendaram o LIPE[®] como opção mais confiável para determinação indireta do consumo de matéria seca em animais sob regime de pasto.

Pina (2008) também encontrou semelhança entre o consumo de concentrado e digestibilidade, utilizando os indicadores óxido crômico e dióxido de titânio, trabalhando com novilhas Nelore alimentadas com cana de açúcar hidrolisada e diferentes teores de cal quando comparados aos dados obtidos por consumo verdadeiro.

Os dados encontrados para MSi e FDNi a 264 horas incubados no rúmen, corroboram com os dados encontrados por Casali et al., 2008; Sampaio et al., 2011) que afirmam 264 horas ser o tempo ideal para a obtenção da frações indigestíveis.

Os dados de MSi incubado *in vitro* por 72 horas produziram resultados abaixo dos dados obtidos pela aferição do consumo real, ou seja, subestimaram os dados. Frente a estes resultados, o trabalho realizado por Berchielli *et al.* (2000), corrobora com os dados encontrados, onde 72 horas de incubação *in vitro*, não foram suficientes para representar o valor do consumo real.

Já Torres et al. (2009) trabalhando com bovinos leiteiros em crescimento alimentados com palma forrageira, Torres *et al.* (2009) recomendaram para a MSi o período de incubação ruminal de 144 horas.

Para incubações *in vitro*, o tempo de 144 horas representou bem a estimativa de consumo a partir dos indicadores internos MSi e FDNi, apresentando 9,61 e 10,12 kg de matéria seca respectivamente, comparados ao consumo real 10,14 kg de matéria seca.

Estes dados corroboram com Conchran et al., 1986; Berchielli et al., 2000; Freitas et al., 2002; Oliveira Júnior et al., 2004; Cabral et al., 2008, que afirmam 144 horas de incubação *in vitro* ser o tempo ideal para a obtenção de indicadores internos.

4.4 DIGESTIBILIDADE APARENTE E ESTIMADA POR DIFERENTES INDICADORES

A digestibilidade aparente (DA) e a digestibilidade determinadas pelos indicadores LIPE[®], dióxido de titânio, MSi e FDNi *in situ* incubados por 264 horas (h), MSi e FDNi *in vitro* incubados por 72 horas e 144 horas (h) são apresentados na tabela 9.

Tabela 9. Digestibilidade aparente (D.A.) e digestibilidade estimada por diferentes indicadores. estimado por indicadores expressa em porcentagem em relação a diferentes dietas, silagem de milho (SM), feno de tifton (FT), cana-de-açúcar (CA).

Indicador	Dieta			Média
	SM	FT	CA	
DA	70,17	69,36	69,84	69,79 A
LIPE [®]	69,53	67,74	71,22	69,49 A
TiO ₂	70,42	68,66	70,90	69,99 A
MSi 264 (h)	70,91	68,52	68,86	69,43 A
FDNi 264 (h)	73,91	72,79	72,35	73,01 A
MSI 72 (h)	54,62	61,05	61,22	58,96 C
FDNI72 (h)	64,23	63,93	63,45	63,88 B
MSI144 (h)	68,82	69,21	67,84	68,62 A
FDNI 144 (h)	71,01	72,32	70,27	71,20 A

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúscula na coluna representam diferença pelo teste SNK ($P < 0,05$). CV (%) = 7,07

A interpretação dos dados observados na tabela 9, fica bem claro que apenas a MSi e FDNi estimada em 72 horas de incubação *in vitro*, não foram suficientes para determinar a digestibilidade em comparação com a digestibilidade real. Estes dados corroboram com Conchran et al., 1986; Berchielli et al., que afirma 72 horas ser tempo insuficiente para a determinação da obtenção das frações indigestíveis dos alimentos.

Saliba et al.(2003) verificaram que não houve diferença para digestibilidade da MS do feno de capim-tifton quando compararam os dados obtidos por meio de coleta total e LIPE[®] (63,23 vs 64,78%, respectivamente).

Ferreira et al. (2009) com o objetivo de avaliar os indicadores internos fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido (FDAi), obtidos por incubação *in situ* durante 144 horas, e os indicadores externos óxido crômico (Cr_2O_3), dióxido de titânio (TiO₂) e o LIPE[®] em dois esquemas de coleta total de fezes (3 ou 5 dias) para estimativa da digestibilidade em bovinos. Concluíram que a digestibilidade dos nutrientes, quando estimada utilizando-se FDAi e os indicadores externos (óxido crômico, dióxido de titânio e LIPE[®]), não diferiu significativamente daquela determinada por coleta total de fezes. Já em relação a FDNi, os resultados não foram consistentes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os indicadores externos LIPE[®] e dióxido de titânio (TiO₂), se mostraram capazes de estimar o consumo, a digestibilidade e a produção fecal quando comparados com a metodologia basal, coleta total de fezes. Em relação aos indicadores internos MSi e FDNi incubados *in situ* por 264 horas, os resultados gerais de suas avaliações permitem concluir que também apresentam-se eficientes na determinação da digestibilidade, consumo e produção fecal. Estes mesmo indicadores, quando obtidos através de ensaios *in vitro*, por

72 horas de incubação, não apresentam potencias para as estimativas em questão quando comparados a coleta total. Já quando incubados por um período de 144 horas, *in vitro*, os resultados são semelhantes estatisticamente aos dados reais nas estimativas de consumo, digestibilidade e produção fecal.

As dietas testadas não influenciaram na recuperação fecal dos indicadores externos e na obtenção das frações indigestíveis dos alimentos, demonstrando que através dos indicadores estudados, os resultados obtidos independem da dieta em que o animal está adaptado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. A. F.; PEREIRA, M. N. Performance of hostein heifers on fresh sugarcane as the only dietary forage. *Journal of Dairy Science*, v.82, p.91, 1999.

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

BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G.; FEITOSA, W. et al. Estimativas da produção fecal e digestibilidade total em bovinos por meio de indicadores. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42. Goiânia. Anais...: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005.

CABRAL, L. S.; NEVES, E. M. O.; ZERVOUDAKIS, J. T. et al. Estimativas dos requisitos nutricionais de ovinos em condições brasileiras. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. v.9, n.3, p.529-542, 2008.

CABRAL, L. S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E. et al. Consumo e digestibilidade em bovinos alimentados com dietas à base de forrageiras tropicais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2006.

CASALI, A. O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. et al. 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, p.335-342, 2008.

CAVALCANTE, A.C.R.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Dietas contendo silagem de milho (*Zea mays* L.) e feno de capim-Tifton 85 (*Cynodon* spp.) em diferentes proporções para bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.2394-2402, 2004.

COCHRAN, R. C.; ADAMS, D. C.; WALLACE J. D. et al. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. *Journal of Animal Science*, v.63, p.1476-1483, 1986.

CONRAD, H. R., PRATT, A. D. e HIBBS, J. W. Regulation of feed intake in dairy cows. 1. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *Journal Dairy Science*, 47: 54-62. 1964.

COSTA, H. N.; PEREIRA, M. N.; MELO, R. P. et al. Effect of the rumen environment on ruminal in situ degradability of sugarcane. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9. Porto Alegre: UFRGS, Anais... 2003.

COSTA, M. A. L.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D. et al. Validação das equações do NRC (2001) para predição do valor energético de alimentos nas condições brasileiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.280-287, 2005.

DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; ZERVOUDAKIS, J. T. et al. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, p.1600-1609, 2001.

DETMANN, E.; SOUZA, A. L.; GARCIA, R.; et al. Avaliação do vício de “tempo longo” de indicadores internos em ensaio de digestão com ruminantes. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.59, n.1, p.182-188, 2007.

DIAS, M.; DETMANN, E.; LEO, M. I. et al. Indicadores para estimativa da digestibilidade parcial em bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36: 689-697. 2007.

DIAS, M. et al. Técnicas para estimativa da digestibilidade e produção microbiana em bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 504–512, Jun, 2008.

FERREIRA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I. et al. Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes: digestibilidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 8, p. 1568-1573, 2009.

FERREIRA, MA; VALADARES FILHO, SC; MARCONDES, MI et al. Avaliação de Indicadores dos Estudos com RUMINANTES:. Digestibilidade *Revista Brasileira de Zootecnia* , v.38, p.1568-1573, 2009a.

FREITAS, D.; BERCHIELLI, T. T.; SILVEIRA, R. N. et al. Produção fecal e fluxo duodenal de matéria seca e matéria orgânica estimados através de indicadores. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, p.1521-1530, 2002.

GLINDEMANN, T.; TAS, B. M.; WANG, C. et al. Avaliação de dióxido de titânio como um marcador inerte para estimar a excreção fecal em ovelhas de pasto. *Ciência e Tecnologia Animal Feed* , v.152, p.186-197, 2009.

ÍTAVO, L. C. V.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, F. F. et al Consumo, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente de fenos de gramíneas do gênero *Cynodon* e rações concentradas utilizando indicadores internos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, p.1024-1032, 2002.

LIMA, L. P.; VELOSO, C. M.; SILVA, F. F. et al. Bagaço de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) na dieta de vacas leiteiras: consumo de nutrientes. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia.*, v.60, p.1004-1010, 2008.

LIPPKE, H.; ELLIS, W. C.; JACOBS, B. F. Recovery of indigestible fiber from feces of sheep and cattle on forage diets. *Journal of Dairy Science*, v.69, n.2, p.403-412, 1986.

MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; BRITO, A.F. et al. Uso de diferentes indicadores para estimar a produção de matéria seca fecal e avaliar o consumo individual de concentrado e volumoso em novilhas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43. João Pessoa: SBZ, Anais... 2006. p.1-5.

MAYES, R.W. The quantification of dietary intake, digestion and metabolism in farm livestock and its relevance to the study of radionuclide uptake. *Science Total Environ*, v.85, p.29-51, 1989.

MENDONÇA, S. S.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana de açúcar ou silagem de milho. *Revista Brasileira de Zootecnia.*, v.33, p.723-728, 2004.

MERCHEN, N. R. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: CHURCH, D.C. (Ed.) *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1988. p.172-201.

MERLO, F. A.; SILVA, A. G. M.; BORGES, I. et al. Avaliação do LIPE como indicador externo de digestibilidade em ovinos recebendo dietas com farelo de coco. In: ZOOTEC. João Pessoa: ABZ, Anais... 2008.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY Jr., G.C. *Forage quality, evaluation, and utilization*. Lincoln: University of Nebraska, 1994. p.450-493.

MORAES, K. A. K.; VALADARES FILHO, S. C.; MORAES, E. H. B. K. et al. Consumo de novilhas de corte alimentadas com cana-de-açúcar com óxido de cálcio e diferentes ofertas de concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., Jaboticabal: Anais... SBZ, 2007. CD-ROM.

MYERS, W. D.; LUDDEN, P. A.; NAYGIHUGU, V. et al. Technical Note: a procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. *Journal of Animal Science*, v.82, n.1, p.179-183, 2004.

MYERS, W. D.; LUDDEN, P. A.; NAYGIHUGU, V. et al. Padrões de excreção de dióxido de titânio e óxido de cromo na digesta duodenal e das fezes de ovelhas. *Pesquisa de Pequenos Ruminantes*, v.63, p.135-141, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of dairy cattle. 7.ed. Washington, DC: *National Academy Press*, 2001. 381p.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; PIRES, A. V.; FERNANDEZ, J. J. R. et al. Avaliação de indicadores 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, M. A. Proporção de forragem e teor de lipídios, na dieta de vacas leiteiras, sobre o consumo, a produção e composição do leite. 2005. 63f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

OWENS, F. N.; HANSON, C. F. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. *Journal of Dairy Science*, v. 75, n. 9, p. 2605-2617, 1992.

PAIXÃO, M. L.; VALADARES FILHO, S. C.; LEÃO, M. I. et al. Variação diária na excreção de indicadores interno (FDAi) e externo (Cr 2O3), digestibilidade e parâmetros ruminais em bovinos alimentados com dietas contendo uréia ou farelo de soja. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.3, p. 739-747, 2007.

PENNING, P. D.; JOHNSON, R. H. The use of internal markers to estimate herbage digestibility and intake. *Journal of Agricultural Science*, v.100, p.127-131, 1983.

PERIPOLLI, V. Uso do nitrogênio fecal para estimar o consumo e a digestibilidade em ruminantes em pastejo. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010, 76p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

PIAGGIO, L. M.; PRATES, E. R.; PIRES, F. F. et al. Avaliação das cinzas insolúveis em ácido, fibra, em detergente ácido indigestível e lignina em detergente ácido indigestível como indicadores internos da digestibilidade. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.20, n.3, p.306-312, 1991.

PINA, D.S. Avaliação nutricional da cana-de-açúcar acrescida de óxido de cálcio em diferentes tempos de armazenamento para bovinos. 104f. 2008. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RANGEL, A.H.N; CAMPOS, J.M.S; OLIVEIRA, A.S. et al.; In: Desempenho e parâmetros nutricionais de fêmeas leiteiras em crescimento alimentadas com silagem de milho ou cana-de-açúcar com concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.11, p.2518-2526, 2010.

RODRIGUEZ, N. M.; GUIMARÃES JUNIOR, R. Utilização de subprodutos da agroindústria na alimentação de vacas de leite. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 3. Belo Horizonte: EV/UFMG, Anais... 2005. p.65- 91.

RODRIGUEZ, N. M; SALIBA, E. O. S.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: 43ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, João Pessoa. SBZ, Anais...2006.

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. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, 1998, 251p. Tese (Doutorado em Ciência Animal).

SALIBA, E. O. S.; RODRIGUEZ, N. M.; PILO-VELOSO, D. Purified lignin extruded from *Eucalyptus grandis* (PELI), used as an external marker in digestibility trials in various animal species. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9., Porto Alegre: WAAP/ALPA/SBZ/UFRGS; Anais... 2003.

SAMPAIO, C. B.; DETMANN, E.; VALENTE, T. N. P. et al. Evaluation of fecal recovering and long term bias of internal and external markers in a digestion assay with cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, p.174-182, 2011.

SILVA, A. G. M.; BORGES, I.; NEIVA, J. N. et al. Avaliação do LIPE como indicador externo de digestibilidade em ovinos recebendo dietas com castanha de caju integral 1. IN: ZOOTEC, João Pessoa: ABZ, Anais... 2008.

SILVA, A. G. M.; BORGES, I.; NEIVA, J. N. et al. Avaliação do LIPE como indicador externo de digestibilidade em ovinos recebendo dietas com torta de babaçu. IN: I CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, Fortaleza: AMVECE, Anais 2008b.

SILVA, J. J.; SALIBA, E. O. S.; BORGES, I. et al. Indicadores para estimativa de consumo total por novilhas holandês x zebu mantidas em confinamento. *Revista Brasileira Saúde e Produção Animal*, v. 11, n. 3, p 838-848, 2010.

SILVA, F. A.; BARBOSA, G. S. S. C.; SALIBA, E. O. S. et al. Avaliação do LIPE® na estimativa de consumo de bovinos leiteiros. In: 48ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2011, Belém. *Anais...* da 48ª Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Belém: RBZ, 2011.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal Animal Science*, v.70, p.3562-3577, 1992.

TITGEMEYER, E. C. Design and interpretation of nutrient digestion studies. *Journal Animal Science*, v. 75, p. 2235-2247, 1997.

TITGEMEYER, E. C.; AMENDARIZ, C. K.; BINDEL, D. J. et al. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker in cattle. *Journal Animal Science*. 79:1059–1063. 2001.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the “in vitro” digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society*. v.18, n.2, p.104-111, 1963.

TORRES, L. C. L. et al. Substituição da palma-gigante por palma-miúda em dietas para bovinos em crescimento e avaliação de indicadores internos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. vol. 38 n^o.11 Viçosa Nov. 2009.

TRAXLER, M.J.; FOX, D.G.; PERRY, T.C. et al. Influence of roughage and grain processing in high-concentrate diets on the performance of long-fed Holstein steers. *Journal of Animal Science*, v.73, p.1888-1900, 1995

VALADARES FILHO, S. C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG. *Anais...* Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.267-337. 2000.

VALADARES FILHO, S. C.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA Jr.; V. R. et al. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. 2.ed. Viçosa: DZO/UFV, 2006. 329p.

VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. New York: Cornell University Press, 1994, 476p.

ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N.; DIAN, P. H. M. et al. Recuperação fecal de marcadores internos avaliados em ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.4, p.1865- 874. 2002.