

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

MÉRCIA REGINA PEREIRA DE FIGUEIREDO

**COPRODUTOS DO CACAU E DO MARACUJÁ E INDICADORES DE
CONSUMO E DIGESTIBILIDADE APARENTE EM DIETAS PARA
NOVILHAS LEITEIRAS**

Belo Horizonte-MG
Escola de Veterinária da UFMG

2015

MÉRCIA REGINA PEREIRA DE FIGUEIREDO

**COPRODUTOS DO CACAU E DO MARACUJÁ E INDICADORES DE
CONSUMO E DIGESTIBILIDADE APARENTE EM DIETAS PARA
NOVILHAS LEITEIRAS**

Tese apresentada ao Departamento de Zootecnia da
Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais,
como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em
Zootecnia.

Área de Concentração: Nutrição Animal
Orientadora: Prof^a Dr^a Eloísa de Oliveira S. Saliba

Tese defendida e aprovada no dia 27 de Fevereiro de 2015, pela Comissão Examinadora
constituída por:

Prof.^a Eloísa de Oliveira Simões Saliba

Dr.^a Salete Alves de Moraes

Prof. Geraldo Sérgio Senra Carneiro Barbosa

Prof. Décio Souza Graça

Prof. Fabiano Alvim

À minha família:

Aos meus pais Vandelita e Pedro, pela confiança e incentivo.

Meu marido Alan pelo amor e cumplicidade.

Meus irmãos Meliza e Márcio pelo apoio e paciência.

Dra. Calina Guimarães por me ensinar a sonhar e lutar.

Dedico

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito.

Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Marthin Luther King)

Agradecimento

À DEUS, pela vida, por iluminar meu caminho, me dar forças e me permitir prosseguir, mesmo com todos os percalços. Obrigada meu Pai, por me amar!!!

Ao meu amor Alan Ferreira, grande companheiro nesta jornada. Sua dedicação e apoio foram fundamentais para concretização desse projeto. Conquistamos juntos esse título!!!! Vencemos, mesmo compartilhando dos muitos momentos de separação, privação e consolo. Obrigada por você estar ao meu lado!

Minha família: aos meus pais e irmãos, pelo incentivo e compreensão em todos os momentos. Obrigada por terem me ensinado e persistir em meus sonhos mesmo diante dos obstáculos impostos pela vida!!! Gratidão eterna!!!

À minha amiga irmã Meliza Cristina, pela determinação, parceria e disponibilidade em ajudar. Obrigada por me dizer as palavras certas, nos momentos certos. Obrigada por fazer parte da realização dessa conquista!!!

À professora Eloísa Oliveira Simões Saliba. Obrigada por ter aceitado ser minha segunda mãe e me conduzir no caminho maravilhoso do desconhecido. Obrigada por sua generosidade, apoio, empatia, sempre de sorriso no rosto e braços abertos para me ouvir e atender em todos os momentos!!!

Ao professor Geraldo Sérgio Senra Carneiro Barbosa, professor da UVF, campus Florestal, pelo apoio, confiança e disposição em ajudar.

Aos professores do Departamento de Zootecnia da UFMG, em especial aos professores Iran Borges e ao Doutor Fernando César Ferraz Lopes da Embrapa Gado de Leite.

À Universidade Federal de Minas Gerais e ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia pela oportunidade.

À UFV Campus Florestal por prover a realização de todo o meu trabalho experimental.

Aos colegas do setor de bovinocultura da UFV, campus Florestal, Gabriel, Dingão, Oswaldo, Tuna, Osmar, pela receptividade, ajuda na condução dos experimentos, pela dedicação e companheirismo.

À amiga Hemilly Cristina Menezes de Sá pelas horas de conversas e consolo, apoio no trabalho e amizade verdadeira. Você é um exemplo de profissional que eu admiro e torço pelo sucesso!!!

Ao Filipe Aguiar e Silva, pela garra, compreensão, alegria, disposição em ajudar e paciência!!! Acredito muito em você e desejo muitas conquistas e vitórias!!!

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal da UFMG, pela amizade e auxílio nas análises, principalmente aos colegas Kelly, Toninho, Carlos, Fabiana e Tia!!!

Ao Danilo, Guilherme, Renan Queiroz e Claudinei, meus auxílios na realização das análises estatísticas.

Aos colegas da pós graduação em Zootecnia, pelo companheirismo, sorrisos, parcerias....

Às meninas da república “As Porteiras”, família que me acolheu em Belo Horizonte: Larissa, Rosália, Joyce, Luana e Amanda. Vocês sempre serão lembradas com muito carinho!!!!

As “minhas meninas” que me possibilitaram essa conquista. A melhor etapa do meu experimento foi a convivência com os animais que me ensinaram a distinguir cada berro, olhar e inquietude...sinto muitas saudades e guardo boas recordações!!!!

Aos colegas do GIL, Cecília, Andressa, Ludhiana e Henrique, pela ajuda nas análises e pelos momentos em que aprendemos juntos.

A CAPES pela concessão da bolsa parcial!

Ao INCAPER pela parceria e liberação para o desenvolvimento das atividades experimentais, especialmente a Geraldo Mendes e Leandro Novak.

Aos membros da banca pela atenção e disponibilidade.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e que por minha falha não foram citados, meu muito obrigada!

SUMÁRIO

COPRODUTOS DO CACAU E DO MARACUJÁ E INDICADORES DE CONSUMO E DIGESTIBILIDADE APARENTE EM DIETAS PARA NOVILHAS LEITEIRAS	13
Resumo:	13
BY-PRODUCTS OF COCOA AND PASSION FRUIT AND MARKERS OF INTAKE AND APPARENT DIGESTIBILITY IN DIETS FOR DAIRY HEIFERS.....	14
Abstract:	14
CAPITULO I - REFERENCIAL TEÓRICO	18
1.1 - Coprodutos na alimentação de novilhas leiteiras	18
1.1.2 - Coproduto do Cacau na alimentação de ruminantes	20
1.1.3 - Coproduto do Maracujá na alimentação de ruminantes	21
1.2 - Indicadores em ensaios de consumo e digestibilidade	22
1.2.1 - Indicadores Externos	24
1.2.1.1 - Óxido crômico.....	24
1.2.1.2 - Dióxido de titânio.....	25
1.2.1.3 - LIPE®	25
1.2.1.4 - NANOLIPE®.....	26
1.2.2 - Indicadores Internos - MSi, FDNi e FDAi.....	26
1.3 - Degradabilidade <i>in situ</i>	27
1.4 - Comportamento Ingestivo Animal.....	29
1.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
CAPÍTULO II – AVALIAÇÃO DE VOLUMOSOS EM DIETAS PARA NOVILHAS LEITEIRAS PELA TÉCNICA DE DEGRADABILIDADE IN SITU.....	39
Resumo	39
INTRODUÇÃO.....	40
MATERIAL E MÉTODOS.....	41
RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
CAPÍTULO III - INCLUSÃO DO COPRODUTO DO CACAU EM DIETAS PARA NOVILHAS LEITEIRAS: CONSUMO, DIGESTIBILIDADE APARENTE, BALANÇO PROTEICO, ENERGÉTICO E COMPORTAMENTO INGESTIVO ANIMAL.	56
Resumo:	56
INTRODUÇÃO.....	57

MATERIAL E MÉTODOS.....	58
RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
CAPÍTULO IV - INCLUSÃO DO COPRODUTO DO CACAU EM DIETAS PARA NOVILHAS LEITEIRAS: USO DE INDICADORES EXTERNOS E INTERNOS NA ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO FECAL E DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES	76
Resumo:	76
INTRODUÇÃO.....	77
MATERIAL E MÉTODOS.....	77
RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
CONCLUSÕES	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
CAPÍTULO V - INCLUSÃO DO COPRODUTO DO MARACUJÁ EM DIETAS PARA NOVILHAS LEITEIRAS: CONSUMO, DIGESTIBILIDADE APARENTE, BALANÇO PROTEICO, ENERGÉTICO E COMPORTAMENTO INGESTIVO ANIMAL.	90
Resumo:	90
INTRODUÇÃO.....	91
MATERIAL E MÉTODOS.....	91
RESULTADOS E DISCUSSÃO	96
CONCLUSÃO.....	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
CAPÍTULO VI - INCLUSÃO DO COPRODUTO DO MARACUJÁ EM DIETAS PARA NOVILHAS LEITEIRAS: USO DE INDICADORES EXTERNOS E INTERNOS NA ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO FECAL E DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES ...	107
Resumo:	107
INTRODUÇÃO.....	108
MATERIAL E MÉTODOS.....	109
RESULTADOS E DISCUSSÃO	111
CONCLUSÕES	116
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
CAPÍTULO VII - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição química dos volumosos utilizados com base na MS (%).....	41
Tabela 2- Desaparecimento da matéria seca (%) dos coprodutos de maracujá, cacau e do feno de capim Tifton 85 incubados em novilhas leiteiras.	43
Tabela 3- Frações solúvel (a) (%), potencialmente degradável (b) (%), taxa de degradação da fração “b” (c) (%/h) e degradabilidade potencial (DP) da matéria seca do coproduto do maracujá, coproduto do cacau e do feno de capim Tifton 85.....	44
Tabela 4- Desaparecimento da proteína bruta (%) dos coprodutos de maracujá, cacau e do feno de capim Tifton 85 incubados em novilhas leiteiras.	46
Tabela 5- Frações solúvel (a) (%), potencialmente degradável (b) (%), taxa de degradação da fração “b” (c) (%/h) e degradabilidade potencial (DP) da proteína bruta do coproduto do maracujá, coproduto do cacau e do feno de capim Tifton 85.....	46
Tabela 6- Desaparecimento da fibra em detergente neutro (%) dos coprodutos de maracujá, cacau e do feno de capim Tifton 85 incubados em novilhas leiteiras.	48
Tabela 7- Frações solúvel (a) (%), potencialmente degradável (b) (%), taxa de degradação da fração “b” (c) (%/h) e degradabilidade potencial (DP) da fibra em detergente neutro do coproduto do maracujá, coproduto do cacau e do feno de capim Tifton 85.....	48
Tabela 8 - Degradabilidade efetiva (DE) (%), nas taxas de passagem (2 e 5%/h) das frações de matéria seca (MS), da proteína bruta (PB) e da fibra em detergente neutro (FDN) do coproduto do maracujá, cacau e do feno de capim Tifton 85.....	50
Tabela 9- Composição química (%) e níveis de energia bruta (Kcal/g) dos ingredientes das dietas fornecidas durante o experimento com base na matéria seca.....	59
Tabela 10- Proporção dos ingredientes (%) com base na matéria seca e composição bromatológica das dietas experimentais contendo níveis crescentes do coproduto de cacau.....	60
Tabela 11- Médias de consumo diário (Kg/dia), % peso vivo (%PV), unidade de tamanho metabólico (UTM), das frações matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE), fibra em detergente neutro (CFDN), fibra em detergente ácido (CFDA), carboidratos não fibrosos (CCNF), carboidratos totais (CCHT), equações de regressão e coeficientes de variação (CV%) em função dos níveis de inclusão de coproduto de cacau fornecido a novilhas leiteiras.	64
Tabela 12- Médias (%) dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), proteína bruta (DPB), extrato etéreo (DEE), fibra em detergente neutro (DFDN), fibra em detergente ácido (DFDA) e carboidratos fibrosos (DCHT) das dietas contendo quantidades crescentes de coproduto de cacau (0,8,16,24%MS), equações de regressão, coeficiente de variação (CV %) e erro padrão médio (EPM), fornecido a novilhas leiteiras.....	66
Tabela 13- Parâmetros referentes ao balanço nitrogenado, coeficiente de variação (CV%), equações de regressão (Eq. Reg.) e erro padrão médio (EPM), em novilhas alimentadas com níveis crescentes de coproduto do cacau.....	68

Tabela 14- Consumo médio de energia bruta (CEB), energia bruta digestível (EB DIG), em g/dia, digestibilidade da energia bruta (DIG EB) em %, energia metabolizável (E MET) em Mcal/dia, coeficiente de variação (CV%) e erro padrão médio (EPM) de dietas com inclusão crescente de coproduto do cacau.	69
Tabela 15- Tempo despendido com alimentação (TAL), ócio (TOC), ruminação (TRU), outras atividades (OA) e mastigação total (TMT), eficiência de alimentação da matéria seca (EAL), ruminação da matéria seca (ERU MS), fibra em detergente neutro (ERUFDN) e respectivos coeficientes de variação (CV%) e erro padrão médio (EPM), em novilhas leiteiras alimentadas com inclusões crescentes de coproduto de cacau (0, 8, 16, 24% MS).	71
Tabela 16- Valores médios de produção fecal (KgMS/dia), equações de regressão, erro padrão médio (EPM) e coeficiente de variação (CV%), obtidos pelo método da coleta total e estimados pelos indicadores externos e internos em novilhas leiteiras.	80
Tabela 17- Valores médios (%) dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), proteína bruta (DPB), fibra em detergente neutro (DFDN), equações de regressão e coeficiente de variação (CV%) das dietas, estimada pelos indicadores externos e internos comparado com a coleta total.	84
Tabela 18- Recuperação fecal média dos indicadores externos óxido crômico (Cr ₂ O ₃), dióxido de titânio (TiO ₂), LIPE®, NANOLIPE®, internos, matéria seca indigestível (MSi), fibra em detergente neutro (FDNi) e ácido (FDAi) indigestíveis, comparados com a coleta total de fezes (100%) e coeficiente de variação (CV%).	85
Tabela 19- Composição química (%) e níveis de energia bruta (Kcal/g) dos ingredientes das dietas fornecidas durante o experimento com base na matéria seca.	92
Tabela 20- Composição percentual (%), bromatológica e energia bruta média (Kcal/g) das dietas contendo níveis crescentes do coproduto de maracujá com base na matéria seca. .	93
Tabela 21- Médias de consumo diário (Kg/dia), % peso vivo (% PV), unidade de tamanho metabólico (UTM/g) das frações matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, carboidratos não fibrosos, carboidratos totais, equações de regressão, coeficiente de variação (CV%) e erro padrão da média (EPM) em função dos níveis de inclusão de coproduto de maracujá fornecidas a novilhas leiteiras. .	97
Tabela 22- Equações de regressão para consumo de extrato etéreo e proteína bruta, em Kg/dia, % peso vivo, unidade de tamanho metabólico (UTM) e coeficiente de determinação (r ²).	98
Tabela 23- Médias (%) dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), proteína bruta (DPB), extrato etéreo (DEE), fibra em detergente neutro (DFDN), fibra em detergente ácido (DFDA), carboidratos totais (DCHT), equações de regressão (Eq. Reg.), coeficiente de variação (CV%) e erro padrão da média (EPM) das dietas contendo níveis crescentes de coproduto do maracujá fornecidas a novilhas leiteiras.	99
Tabela 24- Média de valores de Nitrogênio ingerido, Nitrogênio fecal, Nitrogênio absorvido, Nitrogênio urinário, Balanço de nitrogênio (BN) em (g/dia) e a relação Nitrogênio retido/Nitrogênio ingerido (N retido/ N ingerido) em %, coeficiente de variação (CV%), equações de regressão e erro padrão médio (EPM) das dietas experimentais.	100

Tabela 25- Consumo médio de energia bruta (CEB), energia bruta digestível (EB DIG), digestibilidade da energia bruta (DIG EB), energia metabolizável (EMET) em (Mcal/dia), coeficiente de variação (CV%) e erro padrão médio (EPM) das dietas experimentais. ...	101
Tabela 26- Consumo médio de matéria seca em % do peso vivo dos animais (CMS %PV), de fibra em detergente neutro (CFDN) em (Kg/dia), tempo despendido com alimentação (TAL), ócio (TOC), ruminação (TRU), outras atividades (OA) e mastigação total (TMT), eficiência de alimentação (EAL), de ruminação da MS (ERUMS) e da fibra em detergente neutro (ERU FDN), número de mastigações por bolo ruminal (MMnb), tempo gasto com mastigações por bolo ruminal (MMtb), número de bolos ruminais (BOL) e respectivos coeficientes de variação (CV%) e erro padrão da média (EPM) em novilhas alimentadas com crescentes níveis de coproduto do maracujá.	102
Tabela 27- Valores médios de produção fecal (KgMS/dia), erro padrão médio (EPM), coeficiente de variação (CV%), obtidos pela coleta total, e estimados pelos indicadores óxido crômico, dióxido de titânio, LIPE®, NANOLIPE®, Matéria seca indigestível (MSi), fibra em detergente neutro (FDNi), fibra em detergente ácido (FDAi) indigestível em novilhas leiteiras.	111
Tabela 28- Valores médios (%) dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), proteína bruta (DPB), fibra em detergente neutro (DFDN), erro padrão médio (EPM) e coeficiente de variação (CV%) das dietas estimados pelos indicadores externos e comparado com a coleta total.	113
Tabela 29- Taxas de recuperação fecal média dos indicadores óxido crômico (Cr ₂ O ₃), dióxido de titânio (TiO ₂), LIPE®, NANOLIPE®, matéria seca indigestível (MSi), fibra em detergente neutro (FDNi) e ácido (FDAi) indigestíveis, em relação ao método de coleta total (100%) e coeficiente de variação (CV%).	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Curvas de desaparecimento da matéria seca do coproduto do maracujá, coproduto do cacau e do feno de capim Tifton 85.....	45
Figura 2- Curvas de desaparecimento da proteína bruta do coproduto do maracujá, coproduto do cacau e do feno de capim Tifton 85.....	47
Figura 3- Curvas de desaparecimento da fibra em detergente neutro do coproduto do maracujá, coproduto do cacau e do feno de capim Tifton 85.....	49
Figura 4- Digestibilidade dos nutrientes com a inclusão de níveis crescentes de coproduto do cacau.	67

COPRODUTOS DO CACAU E DO MARACUJÁ E INDICADORES DE CONSUMO E DIGESTIBILIDADE APARENTE EM DIETAS PARA NOVILHAS LEITEIRAS

Resumo: Objetivou-se avaliar a inclusão de níveis crescentes de coprodutos do cacau e do maracujá em substituição ao feno de capim Tifton 85 e indicadores de produção fecal e digestibilidade aparente em novilhas leiteiras. No primeiro experimento foram avaliados os parâmetros referentes à degradabilidade *in situ* dos volumosos oferecidos a novilhas leiteiras. No segundo e quarto experimentos foram avaliados a inclusão crescente dos coprodutos do cacau (zero, 8, 16, 24% MS) e do maracujá (zero, 12, 24, 36 % MS) em substituição ao feno de capim Tifton 85, em dietas fornecidas a novilhas leiteiras, sobre o consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes, balanço proteico, energético e o comportamento ingestivo animal. No terceiro e quinto experimentos, foi avaliada a eficácia dos indicadores externos, óxido crômico (Cr₂O₃), dióxido de titânio (TiO₂), LIPE®, NANOLIPE®, e internos, matéria seca indigestível (MSi), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) nas estimativas de produção fecal e digestibilidade dos nutrientes das dietas oferecidas. Foram utilizadas dezesseis novilhas mestiças Holandês x Zebu, com peso vivo médio de (363,00 ± 27,70Kg), distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições. No primeiro experimento, a degradabilidade efetiva, potencial e a taxa de degradação “c” da matéria seca e proteína bruta do coproduto do maracujá foram maiores do que para o feno de capim Tifton 85. O coproduto do cacau apresentou degradabilidade potencial dos nutrientes avaliados inferiores aos volumosos estudados, ficando seu uso limitado em alimentação de novilhas leiteiras. No segundo experimento, o consumo não foi alterado pela inclusão do coproduto do cacau às dietas experimentais. Houve redução na digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e ácido, e alteração nos balanços proteicos e energéticos com a inclusão de 24% do coproduto do cacau. O tempo em ócio aumentou com a inclusão crescente do coproduto do cacau às dietas. O coproduto do cacau pode ser incluído em até 16 % em substituição ao feno de capim Tifton 85, em dietas para novilhas leiteiras. No terceiro experimento houve interação entre os indicadores avaliados e o nível de inclusão do coproduto do cacau às dietas experimentais. A digestibilidade dos nutrientes e a produção fecal foram estimadas adequadamente com os indicadores externos, óxido crômico, LIPE®, NANOLIPE® e interno, FDNi, em todos os níveis de inclusão do coproduto do cacau. No quarto experimento, o consumo de proteína bruta e extrato etéreo aumentaram com a inclusão do coproduto do maracujá às dietas experimentais. O consumo de nitrogênio, nitrogênio

absorvido e excretado na urina dos animais aumentou com a adição de níveis crescentes de coproduto de maracujá às dietas. Não houve alteração no balanço energético e no comportamento ingestivo dos animais. A digestibilidade aparente do extrato etéreo aumentou linearmente com maior nível de inclusão crescente do coproduto do maracujá às dietas, podendo ser incluído em até 36% em substituição ao feno de capim Tifton 85, em dietas para novilhas leiteiras. No quinto experimento a produção fecal e as digestibilidade dos nutrientes foram estimados adequadamente pelos indicadores externos, óxido crômico, LIPE®, NANOLIPE® e interno, FDNi, não havendo interação dos indicadores com a inclusão crescente de coproduto do maracujá às dietas.

Palavras-chave: ruminantes, volumosos, coleta total, feno, frutas

BY-PRODUCTS OF COCOA AND PASSION FRUIT AND MARKERS OF INTAKE AND APPARENT DIGESTIBILITY IN DIETS FOR DAIRY HEIFERS

Abstract: We aimed to evaluate the increasing levels of cocoa and passion fruit by-products substituting Tifton 85 hay, fecal output markers and apparent digestibility of dairy heifers. In the first experiment was evaluated *in situ* degradability parameters of the forage offered to the dairy heifers. In the second and fourth experiments were evaluated the increasing levels of inclusion of cocoa by-product (zero, 8, 16, 24% DM) and passion fruit (zero, 12, 24, 36% MS) substituting the Tifton 85 hay in diets offered to dairy heifers over the intake, apparent digestibility of nutrients, protein balance, energy balance and animal feeding behavior. In the third and fifth experiments effectiveness of external markers like chromium oxide (Cr₂O₃), titanium dioxide (TiO₂), LIPE®, NANOLIPE®, and internal markers like indigestible dry matter (iDM), indigestible neutral detergent fiber (iNDF) and neutral detergent fiber (iADF) as estimator of fecal production and nutrient digestibility of diets was assessed. Sixteen Holstein x Zebu crossbred heifers were used, with average body weight (363.00 ± 27.70Kg), distributed in a completely randomized design with four treatments and four replications. In the first experiment, the effective and potential degradability and "c" rate of degradation of dry matter and crude protein of the passion fruit by-product was higher than Tifton 85 hay. The cocoa by-product presented potential degradation of nutrients lower than the forage evaluated, resulting in limited use in diets of dairy heifers of this by-product. In the second experiment, the intake was not altered by the inclusion of cocoa by-product in the experimental diets. There was a decrease in the apparent digestibility of dry matter, crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, protein and energy balances with the

inclusion of 24% of the cocoa by-product. The idle time increased with increasing inclusion of cocoa by-product in the experimental diets. The upper limit of inclusion of cocoa by-product was 16% in substitution of Tifton 85 hay in diets for dairy heifers. In the third experiment there was interaction between the evaluated indicators and the level of inclusion of cocoa by-product to the experimental diets. Nutrient digestibility and fecal output were estimated properly with external markers, chromium oxide, LIPE®, NANOLIPE® and internal, iNDF, at all levels of inclusion of cocoa by-product. In the fourth experiment, the intake of crude protein and ether extract increased with the inclusion of the passion fruit by-product to the experimental diets. The intake of nitrogen, absorbed and excreted nitrogen in the urine of the animals increased with increasing levels of passion fruit by-product the diets. The energy balance and ingestive behavior were no altered by treatments. The apparent digestibility of ether extract increased linearly with higher levels of increasing inclusion of passion fruit by-product in the diet and can be included in the upper limit of 36% in substitution of Tifton 85 hay in diets for dairy heifers. In the fifth experiment fecal production and digestibility were adequately estimated by external markers, chromium oxide, LIPE®, NANOLIPE® and internal, iNDF, with no interaction of the markers with the increasing inclusion of passion fruit by-product in the diets.

Keywords: ruminants, bulky, total collection, hay, fruit

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil possui o segundo maior rebanho bovino efetivo do mundo, com cerca de 200 milhões de cabeças e proporciona o desenvolvimento de dois segmentos lucrativos: as cadeias produtivas da carne e do leite. O valor bruto da produção desses dois segmentos, estimado em R\$ 67 bilhões, aliado à presença da atividade em todos os estados brasileiros, evidenciam a importância econômica e social da bovinocultura em nosso país (MAPA, 2013). O clima tropical e a extensão territorial do Brasil contribuem para esse resultado, uma vez que permitem a criação da maioria do gado em pastagens. A atividade leiteira está entre as seis mais importantes da agropecuária brasileira, desempenhando função relevante no desenvolvimento econômico e social do País (Carvalho *et al.*, 2003).

A avaliação do valor nutritivo dos alimentos consumidos pelos animais tem sido alvo de interesse quando se busca eficiência nos sistemas de produção animal. A variedade de coprodutos que podem e são utilizados na alimentação de ruminantes é muito grande, mas o valor nutricional dos mesmos é determinado por uma complexa interação entre os seus constituintes e os microrganismos do trato digestivo, nos processos de digestão, na absorção, no transporte e na utilização de metabólitos, além da própria condição fisiológica do animal. Do campo até a indústria, surgem coprodutos de origem agrícola, também caracterizados como restos de culturas agrícolas, e coprodutos agroindustriais propriamente ditos, resultantes do beneficiamento industrial.

Os coprodutos de frutas, gerados no processo de industrialização para fabricação de sucos e polpas não têm mercado definido para a sua comercialização. Além disso, esses são produzidos em larga escala, em determinadas épocas do ano, uma vez que a industrialização está atrelada à safra (Jobim *et al.*, 2006). Os coprodutos geralmente apresentam teor de umidade elevado, podendo ser utilizados *in natura*, caso haja disponibilidade e seja viável ou desidratado, forma comumente utilizada por permitir a sua incorporação como aditivo na ensilagem, tornando-a mais efetiva (Neiva, *et al.*, 2006). Entretanto, para que possam ser incorporados em dietas para ruminantes, é essencial o conhecimento prévio da sua composição bromatológica, a aceitabilidade pelos animais, o consequente desempenho e a eficiência de conversão alimentar.

O custo com alimentação é um fator que onera a atividade leiteira, de forma que é fundamental estudar alternativas para sua redução em sistemas de produção. Portanto, o uso de coprodutos, substituindo parte de alguns ingredientes utilizados tradicionalmente, pode ser

de grande valia na redução desses custos em regiões produtoras destes coprodutos (Sousa, 2005).

Para melhoria na produtividade da bovinocultura leiteira, o planejamento alimentar, bem como, a utilização de alimentos regionais disponíveis e adaptados às condições locais deve ser prioridade, sendo a utilização dos coprodutos uma alternativa promissora para este propósito. Assim, estudos que caracterizem os coprodutos gerados regionalmente são importantes, pois permitirão a racionalização na utilização destes, na alimentação animal.

Objetivou-se avaliar a inclusão de coprodutos do cacau e do maracujá em dietas à base de feno de capim Tifton 85 e estudar o emprego de indicadores externos e internos, visando a determinação do consumo e digestibilidade dos nutrientes em novilhas mestiças leiteiras. No capítulo I têm-se uma revisão de literatura acerca do tema abordado. No capítulo II avaliaram-se os parâmetros decorrentes da degradabilidade *in situ* dos volumosos utilizados nos experimentos. Nos capítulos III e IV avaliou-se a inclusão de níveis crescentes do coproduto do cacau (0, 8, 16, 24% MS) em substituição ao feno de capim Tifton 85 sobre o consumo, digestibilidade dos nutrientes, balanço proteico, energético e comportamento ingestivo animal, bem como indicadores externos (óxido crômico, dióxido de titânio, LIPE® e NANOLIPE®) e internos Matéria Seca indigestível (MSi), Fibra em Detergente Neutro indigestível, (FDNi) e Fibra em Detergente Ácido indigestível, (FDAi) na estimação da produção fecal e digestibilidade dos nutrientes. Nos capítulos V e VI, avaliou-se a inclusão de níveis crescentes do coproduto do maracujá (0, 12, 24, 36% MS) em substituição ao feno de capim Tifton 85 sobre o consumo, digestibilidade dos nutrientes, balanço proteico, energético e comportamento ingestivo animal, bem como indicadores externos óxido crômico, dióxido de titânio, LIPE® e NANOLIPE® e internos MSi, FDNi, FDAi na estimação da produção fecal e digestibilidade dos nutrientes. Finalizando, no Capítulo VII, estão apresentadas as considerações finais.

CAPITULO I - REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 - Coprodutos na alimentação de novilhas leiteiras

A pecuária leiteira é uma das atividades mais tradicionais do meio rural brasileiro e de acordo com o último censo agropecuário (IBGE, 2006) existem no Brasil aproximadamente 5,20 milhões de estabelecimentos rurais dos quais 25% (aproximadamente 1,35 milhões) produzem leite, envolvendo cerca de cinco milhões de pessoas. O valor bruto da produção de leite em 2013, por exemplo, foi de R\$ 22,90 bilhões, contribuindo para movimentar principalmente a economia das pequenas e médias cidades brasileiras (BRASIL, 2014). Apesar da alta produção de leite do país (32,30 bilhões de litros/ano), a produtividade do rebanho nacional é baixa, cerca de 1.471 litros/vaca/ano (IBGE, 2013).

Nos sistemas de produção de leite, as novilhas desempenham papel fundamental na continuidade do processo produtivo. O inadequado desenvolvimento desta categoria animal, eleva a idade ao primeiro parto, determinando maior número de animais que não estão produzindo leite. Entre os fatores que contribuem para esta situação, os gastos com alimentação e, principalmente, decorrentes dos elevados custos dos alimentos concentrados, são seguramente os maiores responsáveis pelo baixo nível nutricional dos animais (Souza *et al.*, 2006).

Na tentativa de viabilizar um plano nutricional que melhore os índices produtivos dos rebanhos e que, ao mesmo tempo, contribua para a redução dos custos de produção, diversas alternativas têm sido propostas, entre elas, a utilização de coprodutos, que, em razão das características singulares na composição bromatológica, na forma física, na disponibilidade e no custo, apresentam diferenças quanto ao potencial de utilização na nutrição de ruminantes. Os coprodutos são provenientes do beneficiamento industrial e/ou do processamento secundário de produtos agrícolas, pecuários e florestais (Ferreira, 2005).

A estacionalidade da produção de forragens, característica de regiões tropicais, normalmente gera entraves relacionados ao fornecimento de alimentos para animais em períodos críticos do ano. Assim, os coprodutos podem ser utilizados na alimentação de ruminantes, seja como aditivos na ensilagem de gramíneas, compondo uma parte da dieta fornecida aos animais, ou mesmo como silagens exclusivas, contornando os problemas gerados pela falta de alimentos, reduzindo a contaminação ambiental, sem, contudo, prejudicar o desempenho dos mesmos.

No Brasil, nos últimos anos, houve um intenso crescimento das atividades agroindustriais em consequência da elevada demanda por alimentos, e a fruticultura irrigada

vem crescendo acentuadamente em virtude do desenvolvimento de novas tecnologias que permitem maior produção. De acordo com dados da FAO (2011), o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, atrás apenas da China e da Índia. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de geografia e estatística – IBGE (2013) a área colhida de frutas no Brasil foi de 2,79 milhões de hectares, produção de 40,18 milhões de toneladas e valor bruto da produção –VBP de R\$ 23,20 bilhões, 10,20 % superior ao valor apurado na safra 2012. Associado a esse crescimento, houve também um aumento da quantidade de coprodutos agroindustriais oriundos das atividades de processamento. Dependendo da fruta a produção de resíduos pode chegar até 50% da matéria-prima (Souza, 2009).

Diante disso, a atenção mundial está focada na possibilidade de aproveitamento máximo dos recursos alimentícios disponíveis, buscando associar a melhoria do valor nutritivo da dieta das populações e a redução dos coprodutos das indústrias de alimentos. A depender da fruta, os principais coprodutos gerados são: casca, caroço ou sementes, e bagaço. Esses coprodutos, quando aproveitados, podem ser utilizados na alimentação animal por possuírem em sua composição vitaminas, minerais, fibras e compostos antioxidantes importantes para as funções fisiológicas, além do seu baixo custo.

As culturas do cacau e do maracujá são atividades de grande importância em alguns estados brasileiros, promovendo geração de renda e empregos, além de oportunidades de negócios. Tais atividades são responsáveis pela diversificação agrícola em vários municípios, por meio da organização da cadeia produtiva e do surgimento dos arranjos produtivos locais.

O uso de alguns coprodutos para atender as necessidades de fibra na alimentação de ruminantes torna-se uma opção importante para rações cujo balanceamento pode ser limitado pela quantidade ou qualidade das forragens disponíveis. Os coprodutos utilizados com esse propósito constituem uma fonte de fibra não forrageira (FFNF). O nível de FDN e o tamanho de partícula da forragem desempenham um importante papel na determinação da fibra fisicamente efetiva da dieta, a qual estimula a mastigação e auxilia no tamponamento do rúmen. Por possuírem tamanho de partícula inferior às forragens e alta densidade específica, as FFNF apresentam menor efetividade e elevada degradabilidade potencial da sua FDN, com taxa de passagem superior à taxa de digestão. Assim, a adição de FFNF às dietas com o intuito de substituir parte da FDN da forragem deve considerar também as taxas de digestão e passagem em relação às fontes de fibra das forragens (Nussio *et al.*, 2006). As características físicas, a fonte e a quantidade de forragem fornecida aos animais podem interagir com fontes de fibra não forrageira e influenciar o comportamento ingestivo, reduzindo a digestão da fibra, a energia metabolizável da ração e o desempenho dos animais (Grant, 1997).

O conhecimento sobre a digestão ruminal de fontes de fibra forrageiras e não forrageiras é de fundamental importância porque o rúmen é o principal sítio de digestão de alimentos fibrosos. Como consequência, é possível estabelecer a quantidade e a proporção de nutrientes necessários para a máxima resposta microbiana e animal (Nocek, 1988).

Entretanto, muitos coprodutos alimentares não contribuem com significativas quantidades de fibra efetiva digestível, embora possam ser importantes fontes de proteína e de energia. Considerando então a disponibilidade dos nutrientes, verifica-se que a maior parte dos coprodutos de baixa qualidade podem ser fornecidos em baixo nível dietético (5-10% do total) sem efeitos negativos (Rogério *et al.*, 2011).

1.1.2 - Coproduto do Cacau na alimentação de ruminantes

O cacauéiro é originário de regiões de floresta pluviais da América Tropical onde, até hoje, é encontrado em estado silvestre, desde o Peru até o México. O Brasil é o sexto maior produtor de cacau do mundo, com produção média de 248.524 ton/ano, sendo a Bahia o maior estado produtor, com cerca de 60% da produção total (FAO, 2011). O cacau (*Theobroma cacao*) é da família Sterculiaceae encontrado de forma espontânea no estrato inferior de florestas e constitui uma cultura fixadora do homem à terra, sendo de elevada importância ecológica, social e econômica em diversas regiões tropicais do mundo. O cultivo da espécie reproduz, em alguns aspectos, as condições existentes em seu habitat natural, pois as lavouras de cacau, além de perenes, manifestam características nitidamente conservacionistas, o que é altamente benéfico à manutenção do equilíbrio ecológico em áreas florestais (Cardoso *et al.*, 2002).

O fruto de cacau apresenta um pericarpo carnoso composto de três partes distintas: o epicarpo que é carnoso e espesso, cujo extrato epidérmico exterior pode estar pigmentado, o mesocarpo, que é delgado e duro, mais ou menos lignificado, e o endocarpo, que é carnoso, mais ou menos espesso. A proporção aproveitável de coprodutos do cacau é bastante alta, pois menos de 8% do peso do fruto do cacauéiro, em estado normal de maturação, são usados pela indústria beneficiadora. Um fruto com peso médio de 500g é constituído de 80% de casca e 20% de semente (Freire *et al.*, 1990).

A casca do fruto do cacauéiro pode ter aproveitamento na alimentação de ruminantes, tanto *in natura* como na forma de farinha de casca seca ou conservada sob a forma de silagem, como também para suínos, aves e peixes. A casca pode ainda ser utilizada na produção de biogás e biofertilizante, no processo de compostagem ou vermicompostagem, na

produção de álcool e na extração de pectina. Uma tonelada de cacau seco gera 8 toneladas de casca fresca (CEPLAC, 2013).

Segundo Valadares Filho *et al.* (2006), a casca do cacau possui teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina e energia bruta (Mcal/Kg) de 7,47; 57,98; 50,70; 20,60; 4,28Kcal/Kg, respectivamente, o que o caracteriza como alimento fibroso. Apresenta digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de 43,28%, reflexo do alto conteúdo de lignina que dificulta o ataque de microrganismos ruminais e indisponibiliza os nutrientes que seriam metabolizados e absorvidos pelo animal.

Considerando o volume de casca gerado nos estados produtores (aproximadamente 992.000 ton/ano em 2011), a possibilidade de uso deste coproduto como parte da dieta de ruminantes é grande. Entretanto, poucos são os dados e resultados de pesquisas disponíveis, avaliando o uso desse coproduto nas dietas desses animais.

1.1.3 - Coproduto do Maracujá na alimentação de ruminantes

O gênero *Passiflora*, da família *Passifloraceae*, contém mais de 500 espécies tropicais, sendo o Brasil o centro de origem da maioria delas. O maracujá amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*), conhecido popularmente como “maracujá azedo” é o mais cultivado no Brasil e destina-se, predominantemente, à produção de sucos, bem como para comercialização de frutas frescas (Lousada Júnior, 2003).

Vinte e cinco estados do Brasil produzem maracujá e oito desses detêm mais de 40% do volume da produção. Segundo o IBGE (2013), o Brasil produziu, aproximadamente, 838.244 ton/ano de frutos numa área de 58.089 ha, com rendimento médio de 14.635Kg/ha. Os maiores estados produtores são Bahia (355.020 ton/ano), Ceará (213.902 ton/ano) e Espírito Santo (47.993 ton/ano).

Segundo Arraes (2000), 85% da produção é processada e o restante consumido *in natura*. A composição química dos coprodutos da agroindústria de frutas sofre variação segundo os métodos e a eficiência do processamento, as variedades de maracujá utilizadas, e as proporções de cascas e sementes contidas no material.

Na industrialização do maracujá para extração do suco obtêm-se como principais coprodutos as cascas e as sementes que correspondem de 65 a 70% do peso do fruto (Oliveira *et al.*, 2002). Segundo Coelho (2008), os frutos utilizados na indústria de sucos devem apresentar um peso superior a 200 g, o que gera um rendimento aproximado de 38% de suco, 12% de semente e 50% de cascas. De acordo com Rogério (2005), as cascas possuem alto teor de fibras e carboidratos, sendo uma fonte satisfatória de pectina, proteínas e minerais.

Além das cascas, as sementes também fazem parte desse alimento e apresentam elevadas concentrações de proteína bruta e de extrato etéreo além de serem ricas em fibras.

Ferrari *et al.* (2004) demonstrou que as sementes são boas fontes de óleo, apresentando predominância de ácidos graxos insaturados oléico e linoléico e, apesar do alto conteúdo de celulose e lignina que podem limitar seu uso, o óleo de sabor agradável e odor suave compara-se ao óleo de algodão em valor nutritivo e digestibilidade. Relataram, ainda, que o óleo da semente de maracujá não contém nenhuma substância tóxica ou inibidora do crescimento.

O uso dos coprodutos do processamento de frutas, especialmente dado o avanço das áreas destinadas à fruticultura no país e incrementos nos sistemas de irrigação, pode levar ao barateamento dos custos de produção de ruminantes, já que a alimentação perfaz até 70% dos custos desta atividade. As pesquisas têm demonstrado que, dentro de níveis apropriados, esses coprodutos podem substituir os alimentos forrageiros e mesmo os alimentos concentrados tradicionais, como o milho e o farelo de soja (Rogerio *et al.*, 2009).

Avaliando a composição bromatológica de coproduto de maracujá em estudos com ruminantes, Lousada Junior *et al.* (2005) encontraram valores de proteína bruta de (12,40%), fibra em detergente neutro (59,12%), fibra em detergente ácido (49,04%), lignina (9,45%), semelhantes aos encontrados por Valadares *et al.* (2006) (12,91; 56,65; 46,53; 17,57%), respectivamente, para os nutrientes supracitados. Quanto aos valores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), fração esta considerada como indigestível durante sua permanência no trato gastrintestinal, esses autores verificaram altos níveis para o coproduto de maracujá (20,00%). No aproveitamento dos coprodutos da agroindústria processadora de suco e polpa de frutas para alimentação de ruminantes, a presença de semente no coproduto interfere na fibra em detergente neutro (FDN) e no conteúdo de lignina. A presença de lignina tende a aumentar a fração indigestível, reduzindo, desta forma, a fração potencialmente digestível (Azevedo *et al.*, 2011).

1.2 - Indicadores em ensaios de consumo e digestibilidade

A digestibilidade e o consumo são dois dos principais componentes que determinam a qualidade de um alimento. As medidas de digestibilidade servem para qualificar os alimentos quanto ao seu valor nutritivo, expressa pelo coeficiente de digestibilidade, que indica a quantidade percentual de cada nutriente do alimento que o animal consegue utilizar. De acordo com Mertens (1994) e Van Soest (1994), o consumo é considerado a principal variável

que influencia o desempenho animal por estar diretamente relacionado ao aporte de nutrientes, sendo, portanto, determinante no atendimento das exigências nutricionais.

A busca de métodos para a estimativa do valor nutricional tem sido alvo de inúmeras pesquisas, uma vez que os ensaios com animais são caros, laboriosos e relativamente longos. Entretanto, os métodos *in vivo* continuam a ser importantes, uma vez, que são referência, tanto na avaliação de alimentos, como na validação dos métodos de estimação. A determinação da digestibilidade quantifica a disponibilidade dos nutrientes dos alimentos no trato gastrointestinal dos animais, envolvendo mensurações de consumo e da excreção fecal.

Considerando o elevado consumo de alimentos pelos ruminantes e a proporcional excreção fecal, a coleta total de fezes por determinado período de tempo torna-se impraticável, principalmente em animais em pastejo, o que levou à utilização de indicadores para a estimação da excreção fecal e da digestibilidade (Moraes, 2007).

Indicadores são substâncias adicionadas ou presentes no alimento, capazes de estimar o fluxo de digesta, a produção fecal e, por conseguinte, a digestibilidade, em diversas espécies animais. São classificados em internos e externos. Os indicadores internos, que são constituintes naturais das dietas, têm a vantagem de serem baratos e ainda poderem ser utilizados na experimentação animal com animais domésticos ou silvestres. Os indicadores externos são substâncias indigeríveis que são adicionadas ou ligadas ao alimento, ou a digesta. Esses indicadores podem ser administrados via oral, através de fístulas ou ainda por meio de dispositivos de liberação controlada no trato digestivo animal (Rodriguez *et al.*, 2006).

A determinação da digestibilidade pelo método de indicadores não requer o manuseio de grandes quantidades de material, pois para o cálculo de produção fecal leva-se em conta a quantidade do indicador fornecido ao animal e a sua concentração nas fezes. De acordo com Astigarra (1997), à medida que o alimento transita pelo trato gastrointestinal, a concentração do indicador aumenta progressivamente pela remoção de constituintes dos alimentos digeridos e absorvidos. Entretanto, para que se obtenha recuperação total do indicador é necessário este seja quantitativamente recuperado nas fezes e distribuído uniformemente, de modo a permitir concentração constante e quantificável na digesta, atingindo o chamado estado de equilíbrio (“steady-state”) o mais rapidamente possível (Rodriguez *et al.*, 2006).

Existem várias características que qualificam um indicador como o ideal, como possuir as propriedades de ser inerte e atóxico; ser totalmente indigerível e inabsorvível; não apresentar função fisiológica; poder ser processado com o alimento; misturar-se bem ao alimento e permanecer uniformemente distribuído na digesta; não influenciar e não ser influenciado por secreções intestinais, absorção, motilidade, nem pela população microbiana

intestinal; possuir método específico e sensível de determinação (Saliba, 2005; Rodriguez *et al.*, 2006).

Entretanto, ainda não existe um indicador que possua todas as características supracitadas, mas vários são suficientemente adequados para fornecer dados importantes. Recuperação incompleta nas fezes, variação no fluxo de passagem do rúmen, amostragens pouco representativas e delineamento estatístico são os problemas primários associados a experimentos que utilizam indicadores (Merchen, 1988; Titgemeyer, 1997). Assim, a escolha de um indicador deve ser baseada na sua taxa de recuperação fecal, validada em ensaios de coleta total de fezes, e ao seu custo.

1.2.1 - Indicadores Externos

1.2.1.1 - Óxido crômico

O óxido crômico, também denominado óxido de cromo III ou sesquióxido de cromo (Cr_2O_3) é um dos indicadores mais utilizados em ensaios de digestibilidade animal, tendo sido proposto para esta finalidade desde 1918, em estudos com vacas leiteiras. Além de estimar a produção de matéria seca fecal, tem sido utilizado para avaliar o fluxo de nutrientes no trato digestivo, bem como o estudo da partição da digestão dos mesmos na dieta (Berchielli *et al.*, 2006).

A concentração desse indicador nos alimentos é baixa ($0,1\mu\text{g/g}$), (Kotb e Luckey, 1972). Em estudos com animais, tem sido administrado por meio de impregnação em papel, cápsulas de gelatina, na forma de péletes, ou mesmo, misturado na dieta, de forma que todo o material fornecido deve ser consumido pelo animal (Machado *et al.*, 2011). Owens e Hanson (1992) relatam que devido a uma grande e descontrolada variação na concentração fecal diária do óxido crômico, o indicador deve ser fornecido pelo menos duas vezes ao dia para minimizar tais entraves.

A utilização do óxido crômico nas pesquisas apresenta vantagens como seu baixo, custo e a facilidade com que se incorpora à digesta (Titgemeyer, 1997). Contudo, os resultados têm divergentes, principalmente, devido à incompleta mistura com a digesta ruminal e variação diurna de sua excreção nas fezes. Alguns trabalhos mostram que o óxido crômico tem propriedades carcinogênicas, além de passar mais rapidamente pelo rúmen que o material fibroso, havendo ainda a possibilidade deste indicador se acumular em alguma parte do trato digestivo (Rodriguez *et al.*, 2006).

1.2.1.2 - Dióxido de titânio

O dióxido de titânio (TiO_2) é uma substância com comportamento semelhante ao observado com óxido crômico e possui potencial para ser utilizado como indicador externo em ensaios de digestibilidade. Poucos trabalhos foram realizados com esse indicador. No entanto, alguns autores afirmaram que o dióxido de titânio apresentou bons resultados de recuperação fecal (Titgemeyer *et al.*, 2001; Myers *et al.*, 2006; Ferreira *et al.*, 2009; Sampaio *et al.*, 2011).

Ferreira *et al.* (2009), ao utilizarem o indicador dióxido de titânio e outros indicadores externos e internos, em novilhas alimentadas com cana-de-açúcar para avaliarem a digestibilidade dos nutrientes, observaram que o mesmo apresentou valores semelhantes à coleta total de fezes. Esses mesmos autores ao realizarem outro experimento com vacas em lactação, alimentadas com silagem de milho e concentrado e os indicadores acima, encontraram comportamento semelhante para os dados obtidos para o dióxido de titânio e a coleta total de fezes.

O avanço das pesquisas relacionadas ao uso de indicadores, permite que o dióxido de titânio surja como promissora alternativa, visto que em algumas situações o Cr_2O_3 não tem apresentado índices de recuperação fecal iguais a 100% (Titgemeyer *et al.*, 2001). E, segundo Myers *et al.* (2006), o TiO_2 apresenta bons resultados de recuperação fecal e não possui propriedades carcinogênicas.

1.2.1.3 - LIPE®

Caracterizado como hidroxifenilpropano modificado e enriquecido, o LIPE® é um indicador externo desenvolvido especificamente para pesquisas e foi utilizado primeiramente em estudo de consumo e digestibilidade em coelhos. As estimativas de produção fecal e de digestibilidade revelaram a eficiência do LIPE® como indicador externo, não apresentando diferenças estatísticas com relação à coleta total. Além disso, apresenta vantagens como o curto período de adaptação (48 horas) e o baixo custo.

Diversos trabalhos tem mostrado a eficiência deste indicador em experimentos de avaliação de consumo e digestibilidade com aves (Souza *et al.*, 2007; Vasconcellos *et al.*, 2007) caprinos e ovinos (Saliba *et al.*, 2003; Moraes, 2007; Silva *et al.*, 2008), bovinos (Lima *et al.*, 2008; Ferreira *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2011; Figueiredo, 2011; Valentini, 2012), com resultados obtidos pela técnica *in vivo* estatisticamente semelhantes aos encontrados pelo uso do indicador externo LIPE® em ambos os experimentos.

A técnica analítica para dosagem do indicador nas fezes é a Espectroscopia no Infravermelho, técnica rápida, sensível, barata e não destrutível da amostra (Saliba, 2005).

Saliba *et al.* (2004) utilizando a Ressonância Nuclear Magnética e produtos de oxidação com o nitrobenzeno, demonstraram que o LIPE® passou pelo trato gastrointestinal sem ser digerido e absorvido, sendo totalmente recuperado nas fezes. Nesse trabalho, o LIPE® apresentou propriedades físico-químicas bastante estáveis e grande consistência químico-estrutural, inalterado no trajeto pelo trato gastrointestinal dos animais, sendo totalmente recuperado nas fezes. Estas características fundamentam o uso do produto como indicador externo em estudos de digestibilidade em ruminantes (Machado *et al.*, 2011).

1.2.1.4 - NANOLIPE®

O indicador NANOLIPE® surgiu através de avanços metodológicos do indicador LIPE®, que possibilitou a evolução do mesmo em um novo indicador. O método de obtenção do NANOLIPE® foi possível graças a modificações físico-químicas durante a fabricação do LIPE® as quais garantiram uma redução significativa no tamanho das partículas do indicador. Estas alcançaram a escala nano, ou seja, algo em torno de 10^{-9} m de diâmetro. Esse tamanho reduzido das partículas do indicador permite que sua dispersão ao longo do trato digestivo ocorra mais rapidamente, alcançando assim, o estado de equilíbrio, ou steady state mais rapidamente, com consequente redução do tempo experimental (Saliba *et al.*, 2011).

Por possuir propriedades de nanopartículas, o NANOLIPE® se mistura mais homogeneamente à digesta, reduzindo os períodos longos de adaptação do indicador e possibilitando maiores taxas de recuperação do mesmo (Figueiredo, 2011).

Por se tratar de um novo indicador utilizado em pesquisas em ensaios de consumo e digestibilidade animal, existem poucos trabalhos com o indicador NANOLIPE®. Entretanto, alguns estudos utilizando esse indicador evidenciam sua eficácia na estimativa de produção fecal e digestibilidade dos nutrientes (Saliba *et al.*, 2011; Figueiredo, 2011).

1.2.2 - Indicadores Internos - MSi, FDNi e FDAi

Os indicadores internos são constituintes naturalmente presentes no alimento, como a matéria seca indigestível (MSi), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) e que podem ser utilizados para estimação da produção fecal, por meio da relação entre sua concentração no alimento/dieta e nas fezes.

Esses indicadores apresentam algumas vantagens quando comparados aos indicadores externos, tais como: não prescindirem de dosagem; permanecerem uniformemente

distribuídos na digesta durante o processo de digestão e excreção; apresentarem facilidade de avaliação em diversas espécies, além do baixo custo (Berchielli *et al.*, 2000).

No entanto, podem existir certas restrições, ocasionadas por alterações no processo digestivo, as quais podem interferir na recuperação fecal. Os principais problemas encontrados no emprego destes indicadores são: incompletas e variáveis taxas de recuperação, maior sensibilidade a erros nas estimativas de digestibilidade e/ou de produção fecal em função de sua concentração normalmente baixa, interação do indicador com a dieta ou forragem, falta de padronização de técnicas de determinação desses indicadores, dentre outros (Lopes, 2007). Segundo Lippke *et al.* (1986), o erro de amostragem pode ser reduzido se um componente indigestível de alta porcentagem na matéria seca puder ser encontrado.

Os resultados de pesquisa quanto ao uso de indicadores internos (MSi, FDNi e FDAi), são variados, com alguns trabalhos mostrando a eficácia do indicador MSi na estimativa de produção fecal/omasal, consumo e/ou digestibilidade (Kozloski *et al.*, 2009; Maeda *et al.*, 2011) e dos indicadores FDNi (Berchielli *et al.*, 2000; Zeoula *et al.*, 2002; Berchielli *et al.*, 2005; Pina *et al.*, 2006; Detmann *et al.*, 2007; Ferreira *et al.*, 2009); e FDAi, (Berchielli *et al.*, 2000; Freitas *et al.*, 2002; Berchielli *et al.*, 2005; Pina *et al.*, 2006; Maeda *et al.*, 2011), com resultados promissores na estimação da produção fecal.

1.3 - Degradabilidade *in situ*

O estudo da degradabilidade ruminal dos alimentos por meio de uso de sacos de náilon incubados no rúmen não é recente (Orskov e McDonald, 1979). A técnica de incubação *in situ* consiste na utilização da metodologia de Nocek (1988), sendo um método preciso e de menor custo que os métodos *in vivo*. Esta técnica permite o contato do alimento com o ambiente ruminal e seu dinamismo, ficando o alimento a ser analisado armazenado no rúmen por um determinado período de tempo, sendo possível medir assim a sua taxa de degradação (Soares, 2007), embora o alimento não esteja sujeito aos eventos digestivos, como mastigação, ruminação e passagem.

Segundo Broderick e Cochran (2000), os métodos *in vivo* prioritariamente, são utilizados para medir a digestibilidade dos nutrientes, mas alguns fatores como a necessidade de grandes quantidades de alimentos e de número de repetições para serem contornadas as variações referentes ao animal e o custo de manutenção dos animais e de instalações, pode tornar os estudos *in vivo* caros e inviáveis. Além disso, o conceito de bem estar animal tem contribuído para uma redução nas experimentações *in vivo*.

Já a técnica *in vitro*, segundo metodologia de Tilley e Terry (1963), consiste em incubar amostras de alimento com conteúdo ruminal tamponado em um recipiente, onde se tenta reproduzir as condições existentes no rúmen tais como presença de microrganismos, anaerobiose, temperatura de 39°C e pH de 6,9 (Mould *et al.*, 2005). Considerada uma metodologia de baixo custo e curto prazo, entretanto, não consegue reproduzir as condições de movimentação do alimento no ambiente como a técnica *in situ* e apresenta problemas como redução do pH no inóculo e baixa concentração microbiana (Berchielli *et al.*, 2005). Uma das principais vantagens da técnica *in situ* reportada por alguns autores quando comparada com a técnica *in vitro* é a dinâmica da interação animal-dieta na determinação da degradação da proteína e fibra dos alimentos (Mertens, 1993).

Os nutrientes podem ser classificados, quanto a disponibilidade ruminal em, pelo menos, três frações: 1) solúvel, 2) degradável e 3) não degradável. A técnica *in situ* visa quantificar essas frações e determinar a taxa de degradação da fração degradável (Van Soest, 1994).

O tempo de incubação ruminal é uma das variáveis de maior influência sobre a representatividade dos resíduos indigestíveis em procedimentos de incubação *in situ* (Casali *et al.*, 2008), e alguns trabalhos recomendam para concentrados, de 12 a 36 horas de incubação; para forragens de alta qualidade, de 24 a 60 horas e de 48 a 72 para forragens de baixa qualidade (Orskov *et al.*, 1980); Sampaio (1994) sugere, para o estudo da degradação de forrageiras, o intervalo de 6 a 96 horas.

Na revisão sobre a técnica, Huntington e Givens (1995), comentam sobre diversos aspectos que podem servir como fonte de variação em ensaios de degradabilidade *in situ*, destacando o aspecto físico das bolsas (tipo de material e tamanho dos poros, preparo da amostra (secagem e tamanho de partícula) relação área da bolsa/peso da amostra, local de incubação no rúmen, forma de lavagem, dieta dada ao animal experimental, espécie do animal experimental e modelos matemáticos utilizados como as principais variáveis a serem observadas e padronizadas pelos laboratórios para se obter resultados mais homogêneos. Mesmo com essas fontes de variação, os mesmos autores citaram que a técnica *in situ* foi a técnica que mostrou os resultados mais próximos dos resultados *in vivo*.

Já Broderick e Cochran (2000), destacaram a contaminação microbiana do resíduo que subestima a degradabilidade da matéria seca, o desaparecimento de material particulado não degradado que pode superestimar a degradação, o desaparecimento de nutrientes solúveis não degradados, que é classificado como material solúvel e interpretado como degradado, o que por sua vez superestima a extensão da degradabilidade, a separação física de digesta

contaminante, ou seja, dos microrganismos ruminais, dentro e fora dos saquinhos, que subestima a degradação, como pontos a serem considerados na técnica de degradabilidade *in situ*.

Outro fator que pode comprometer a exatidão dos resultados obtidos a partir de procedimentos de avaliação de alimentos *in situ* no rúmen, é a perda de partículas. Ela pode potencialmente conduzir à obtenção de valores superestimados de degradabilidade e prejudicar a determinação das frações da MS rapidamente degradável e prontamente solúvel no ambiente ruminal (Casali *et al.*, 2009).

1.4 - Comportamento Ingestivo Animal

As atividades diárias dos ruminantes compreendem períodos que alternam alimentação, ruminação e ócio. Os períodos de ruminação e ócio ocorrem entre as refeições, existindo diferenças entre indivíduos quanto à duração e repetição destas atividades, que parecem estar relacionadas às condições climáticas e de manejo, ao apetite dos animais, exigência nutricional e principalmente, à relação volumoso: concentrado da dieta (Silva *et al.*, 2009).

De acordo com Hodgson (1990), os ruminantes adaptam-se às diversas condições de alimentação, manejo e ambiente, modificando seu comportamento ingestivo para alcançar e manter determinado nível de consumo, compatível com as exigências nutricionais. Animais confinados gastam em torno de uma hora consumindo alimentos ricos em energia, ou até mais de seis horas, para fontes com baixo teor de energia e alto em fibra. Da mesma forma, o tempo despendido em ruminação é influenciado pela natureza da dieta e, provavelmente, é proporcional ao teor de parede celular dos volumosos. Assim, quanto maior a participação de alimentos volumosos na dieta, maior será o tempo despendido com ruminação (Van Soest, 1994; Dado e Allen, 1995; Burger *et al.*, 2000).

O comportamento ingestivo é uma importante ferramenta para se avaliar a qualidade nutricional das dietas fornecidas aos animais e por isso é crescente o interesse dos pesquisadores em obter dados que permitam avaliar sua influência sobre as características dos alimentos fornecidos e o consumo de alimentos pelos animais. O tempo de mastigação, por exemplo, composto pela ingestão e ruminação, tem sido uma das medidas mais estruturadas e utilizadas para avaliar a efetividade da fibra em detergente neutro, por afetar a secreção de saliva, o processo de trituração dos alimentos, a função ruminal (pH e perfil de ácidos graxos voláteis - AGV), o consumo de matéria seca e a porcentagem de gordura no leite (Colenbrander *et al.*, 1991).

1.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRAES, G.M. Production and Processing of Tropical Fruit Juices from Brazil. In: IFM SYMPOSIUM, 23; Havana. *Proceedings....* Havana, p.316-327, 2000.

ASTIGARRA, L. Técnicas para la medición del consumo de rumiantes en pastoreo. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá. *Anais...* Maringá: UEM, 1997. p.1-23.

AZEVEDO, J.A.G.; VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S.P. *et al.* Consumo, digestibilidade total, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio em dietas com subprodutos de frutas para ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.5, p.1052-1060, 2011.

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

BERCHIELLI, T.T.; OLIVEIRA, S.G.; CARRILHO, E.N.V.M. *et al.* Comparação de marcadores para estimativas de produção fecal e de fluxo de digesta em bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.3, p.987-996, 2005.

BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: Funep, 2006, 583p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Bovinos e bubalinos*. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/bovinos-e-bubalinos>>. Acesso em: 12 Junho, 2014.

BRODERICK, G. A.; COCHRAN, R. C. *In vitro* and *in situ* methods for estimating digestibility with reference to protein degradability. In: THEODOROU, M. K. and FRANCE, J. *Feeding Systems and Feed Evaluation Models*. CAB International. p. 53-85, 2000.

BURGUER, P.J.; PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C. *et al.* Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n.1, p. 236-242, 2000.

CARDOSO, S. A.; SILVA, I. T.; SILVA. *et al.* Utilização de resíduos de cacau para produção de energia no Estado do Pará. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002. Campinas. *Proceedings on-line ...* Disponível a partir de: Acesso em: 17 abril de 2014.

CARVALHO, L.A.; NOVAES, L.P.; GOMES, A.T. *et al.* Sistema de produção de leite (Zona da Mata Atlântica): importância econômica. 2003. EMBRAPA Gado de Leite. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/Leite/LeiteZonadaMataAtlantica/importancia.html>>. Acesso em: 05 set 2012.

CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. *et al.* Estimação de teores de componentes fibrosos em alimentos para ruminantes em sacos de diferentes tecidos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.1, p.130-138, 2009.

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.

CEPLAC – Comissão executiva do plano da lavoura cacaueteira – Disponível em: http://www.ceplac.gov.br/radar/radar_cacau.htm. Acesso em abril de 2013.

COELHO, A.A. Caracterização física e química dos frutos em função do tamanho e estágio de amadurecimento do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis f.flavicarpa Degener*). 2008. 126f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2008.

COLENBRANDER, V.F.; NOLLER, C.H.; GRANT, R.J. Effect of fiber content and particle size of alfalfa silage on performance and chewing behaviour. *Journal Dairy Science*, v.74, n.8, p.2681-2690, 1991.

DADO, R.G.; ALLEN, M.S. Intake limitations, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. *Journal of Dairy Science*, v.78, p.118-133, 1995.

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

FAO. United Nations Food and agriculture The State of food and agriculture. 2010-2011. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/013/i2050e/i2050e.pdf>>. Acesso em 07 de abril de 2014.

FERRARI, R.A.; COLOSSI, F.; AYUB, R.A. Caracterização de subprodutos da industrialização do maracujá - Aproveitamento das Sementes. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal – SP, v. 26, n. 1, p.101-102, 2004.

FERREIRA, A. C. H. *Valor nutritivo de silagens à base de capim elefante com níveis crescentes de subprodutos agroindustriais de abacaxi, acerola e caju*. 2005. 157p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte-MG.

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.

FIGUEIREDO, M.R.P. – *Indicadores externos de digestibilidade aparente em ovinos*. 2011. 86f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) –Escola de Veterinária - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte-MG.

FREIRE, E.S.; ROMEU, A.P.; PASSOS, F.V. *Aproveitamento de resíduos e subprodutos da pós-colheira do cacau*. Ilhéus, BA: CEPLAC/CEPEC, 24p.,1990.

FREITAS, D.; BERCHIELLI, T.T.; SILVEIRA, R.N. *et al.* Produção fecal e fluxo duodenal de matéria seca e matéria orgânica estimados por meio de indicadores. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.3, p.1521-1530, 2002.

GRANT, R.J. Interactions among forages and non-forage fiber sources. *Journal of Dairy Science*, v.80, n.7, p.1438-1446, 1997.

HODGSON, J. *Grazing management – science into practice*. New York: John Wiley & Sons, Inc., Longman Scientific & Technical, 203p. 1990.

HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The in situ technique for studying rumen degradation of feeds: a review of the procedure. *Nutrition Abstracts and Reviews*. (Series B), v.65, p.63-95, 1995.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2006. Rio de Janeiro, 2006. v.33. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística *Culturas temporárias e permanentes*. 2013. Prod. agric. munic., Rio de Janeiro, v. 40, p.1-102, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Estatística da Produção Pecuária*. 2013. Produção Pecuária Municipal, Rio de Janeiro, v. 41, p.1-108, 2013.

JOBIM, C.C.; CECATO, U.; BRANCO, A.F. *et al.* Subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3, 2006, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: UFV; DZO p.329-358, 2006.

KOZLOSKI, G.V.; MESQUITA, F. R.; ALVES, T. P. *et al.* Avaliação do uso de frações indigestíveis do alimento como indicadores internos de digestibilidade em ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol.38, n.9, p.1819-1823, 2009.

KOTB, A.R.; LUCKEY, T.D. Markers in nutrition. *Nutrition Abstracts & Reviews*, v.42, n.3, p.813-845, 1972.

LIMA, J.B.M. P; GRAÇA, D.S.; BORGES, A.L.C.C. Uso do óxido crômico e do LIPE® na estimativa do consumo de matéria seca por bezerros de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.60, n.5, p.1197-1204, 2008.

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

LOPES, F.C.F. Determinação do consumo de forrageiras tropicais por vacas em lactação em condição de pastejo. *Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia*, n. 52, p.1-116, 2007.

LOUSADA JÚNIOR, J.E. *Digestibilidade aparente de subprodutos do processamento de frutas em ovinos*. 2003. 92 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE.

LOUSADA JÚNIOR, J. E.; NEIVA, J. N.; RODRIGUEZ, N. M.; *et al.* Consumo e digestibilidade aparente de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v.34, n. 2, p. 659-669, 2005.

LOUSADA JÚNIOR, J. E.; COSTA, J. M. C.; NEIVA, *et al.* Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 37, n.1, p. 70-76, 2006.

MACHADO, A.S.; GODOY, M.M.; LIMA, M.L.M. *et al.* Utilização de óxido crômico e LIPE® como indicadores externos na estimativa de digestibilidade em ruminantes. *PUBVET*, Londrina, 67. Ed., v. 5, n. 20, 2011.

MAEDA, E.M.; ZEOULA, L.M.; GOMES, H.C.C. *et al.* Avaliação de indicadores usados nos estudos de ingestão e digestibilidade em bovinos e bubalinos. *Archivos de Zootecnia* v. 60, n. 229, p.123-131, 2011.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/bovinos-e-bubalinos>, acesso em janeiro de 2013.

MENDES, B.A.B. *Obtenção, caracterização e aplicação de farinha das cascas de abacaxi e de manga*. 2013. 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2013.

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

MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J. M., FRANCE, J. (Eds.) *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Cambridge, England: Commonwealth Agricultural Bureaux, Cambridge University Press. p.13-51, 1993.

MORAES, S.A. – *Subprodutos da agroindústria e indicadores externos de digestibilidade aparente em caprinos*. 2007. 57f. Tese (Doutorado em Ciência Animal). Escola de Veterinária - UFMG, Belo Horizonte - MG.

MOULD, F. L., KLIEM, K. E., MORGAN, R. *et al.* *In vitro* microbial inoculum: a review of its function and properties. *Animal Feed Science and Technology*, v.123, n.124, p.31-50, 2005.

MYERS, W.D.; LUDDEN, P.A.; NAYIGIHUGU, V. *et al.* Excretion patterns of titanium dioxide and chromic oxide in duodenal digesta and faeces of ewes. *Small Ruminant Research*, v.63, p.135-141, 2006.

NEIVA, J.N.M.; NUNES, F.C.S.; CANDIDO, M.J.D. *et al.* Valor nutritivo de silagens de capim elefante enriquecidas com subprodutos do processamento de maracujá. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.4, p.1843-1849, 2006.

NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility. A review. *Journal Dairy Science*. v.71, n. 8, p.2051-2069, 1988.

NUSSIO, L. G., CAMPOS, F. P.; LIMA, M. L. M. Metabolismo de carboidratos estruturais. In: BERCHIELLI; T. T., PIRES, A. V., OLIVEIRA, S. G. (Org.). *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, p. 183-223, 2006.

OLIVEIRA, L.F.; NASCIMENTO, M.R.F.; BORGES, S.V. *et al.* Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) para produção de doce em calda. *Ciência e Tecnologia Alimentar*, v.22, n.3, p.259-262, 2002.

ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, v. 92, n.2, p. 499-503, 1979.

ORSKOV, E.R.; HOVELL, F.D.D E B.; MOULD, F. Uso de la tecnica de la bolsa de nylon para la valuación de los alimentos. *Producción Animal Tropical*, v. 5, n. 3, p. 213-33, 1980.

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

PEREIRA, L. G. R.; AZEVEDO, J. A. G.; PINA, D. S. *et al.* Aproveitamento dos coprodutos da agroindústria processadora de suco e polpa de frutas para alimentação de ruminantes. Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, p. 30, 2009. Disponível: http://www.cpatia.embrapa.br:8080/public_eletronica/downloads/SDC220.pdf Acesso: 12 dez. 2014.

PINA, S.D.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. *et al.* Efeitos de indicadores e dias de coleta na digestibilidade dos nutrientes e nas estimativas do valor energético de alimentos para vacas alimentadas com diferentes fontes de proteína. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.6, p.2461-2468, 2006.

RODRÍGUEZ, N. M.; SALIBA, E. O. S.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. *Uso de indicadores para a estimativa de consumo a pasto e digestibilidade*. In: SIMPÓSIO DA 43ª REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 43. João Pessoa. *Anais...* João Pessoa, SBZ, 2006. p.263-282.

ROGÉRIO, M.C.P. *Valor nutritivo de subprodutos de frutas para ovinos*. 2005. 318f. Tese (Doutorado em Ciência Animal, Nutrição Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG.

ROGÉRIO, M.C.P; ARAÚJO, G.G.L; ALVES, M.J. *et al.* Resíduos de frutas na alimentação de gado de leite. In :GONÇALVES, L.C; BORGES, I; FERREIRA, P.D.S. (Org.). Alimentos para gado Leite. Belo Horizonte. FEPMVZ, p. 88-115, 2009.

ROGÉRIO, M.C.P.; COSTA, H.H.A.; XIMENES, L.J.F. *et al.* Utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação de novilhas leiteiras. In: XIMENES. Produção de bovinos nos Nordeste do Brasil: desafios e resultados. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, p. 263-297, 2011.

SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M.; PILO-VELOSO, D. Purified lignin extraded 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, 2003. *Proceedings...* Porto Alegre, 2003, p.23-38.

SALIBA, E. O. S.; PILO-VELOSO, D.; RODRIGUEZ, N. M *et al.* Structural characterization of lignin from *Eucalipitus Grandis* before and after exposure to the gastrointestinal tract of ruminants. In: 8° SIMPÓSIO MUNDIAL DE LIGNINAS, 2004. São Carlos: *Proceedings...*São Carlos, 2004.

SALIBA, E.O.S. Uso de indicadores: passado, presente e futuro. In: *I Teleconferência sobre o uso de indicadores em nutrição animal*, 2005, Belo Horizonte MG: Escola de Veterinária da UFMG, p. 04-22, 2005.

SALIBA, E. O. S.; BARBOSA, G. S. S. C.; RODRIGUEZ, N. M. *et al.* Utilization of nanotechnology to the development of a marker of fecal output in dairy cattle. In: 8th International Symposium on the Nutrition of Herbivores, *Proceedings...*Cambridge: Advances in Animal Biosciences, v. 3. p. 263-282, 2011.

SAMPAIO, I.B.M. Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forragens quando avaliada *in situ*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31. SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, Maringá, *Anais...* Maringá: SBZ/EDUEM, 1994. p.81-88.

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, n.1, 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 torta de babaçu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 1, 2008, Fortaleza *Anais...*Fortaleza: UFC, 2008. CD-ROM.

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...* Belém: RBZ, 2011.

SILVA, F.F.; AGUIAR, C.M.; VELOSO. A.J.V. *et al.* Produção fecal e digestibilidade estimada por indicadores internos comparados a coleta total. *Archivos de Zootecnia*, v.58, n.224, p.741-744. 2009.

SOARES, A. P. M. *Ajuste do modelo de Orskov e McDonald (1979) a dados de degradação ruminal in situ utilizando mínimos quadrados ponderados.* 2007. 62f. Dissertação (Mestrado)– Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba-SP.

SOUSA, B.A.A. *Funcionalidade dos extratos fenólicos obtidos pelo cultivo semi-sólido de resíduos de abacaxi (Ananas comosus L.) e goiaba (Psidium guajava L.).* 2009. Dissertação (Mestrado em engenharia química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN.

SOUZA, A.L.; GARCIA, R.; BERNARDINO, F.S. *et al.* Casca de café em dietas para novilhas leiteiras: consumo, digestibilidade e desempenho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n. 3, p.921-927, 2006.

SOUZA, J.D.S.; FERREIRA, W. M.; SALIBA, E.S.; FONTES, D. O.; MACHADO, L. C.; AICHINGER, A. Comparação de técnicas de estimativa da digestibilidade para filhotes de avestruzes na fase inicial de crescimento. *Revista Brasileira Saúde Produção Animal*, v.8, n.4, p. 317-323, out/dez, 2007.

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

TITGEMEYER, E. C. Design and interpretation of nutrient digestion studies. *Journal Animal Science*, v. 75, n.8, 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* v.79, n.4, p.1059-1063, 2001.

VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. *Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas brasileiras de composição de alimentos.* Viçosa: Suprema Gráfica Ltda – Universidade Federal de Viçosa, MG: DZO-UFV, p.75-84, 2006.

VALENTINI, P. V. *Indicadores de produção fecal de novilhas em diferentes planos de alimentação*. 2012. 59f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 476p., 1994.

VASCONCELLOS, C.H.F.; VELOSO, J.A.F.; SALIBA, E.O.S. Uso do LIPE® como indicador externo na determinação da energia metabolizável de alimentos em frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.59, n.2, p.459-465, 2007.

ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N.; DIAN, P.H.M. Recuperação fecal de indicadores internos avaliados em ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.4, p.1865-1874, 2002.

CAPÍTULO II – AVALIAÇÃO DE VOLUMOSOS EM DIETAS PARA NOVILHAS LEITEIRAS PELA TÉCNICA DE DEGRADABILIDADE IN SITU

Resumo: Objetivou-se determinar os parâmetros cinéticos da degradação, *in situ*, dos nutrientes do coproduto do maracujá, cacau e feno de capim Tifton 85, avaliando assim o seu valor nutritivo. Foram utilizadas duas novilhas girolandas (5/8 de holandês) fistuladas no rúmen, com idade média de 30 meses e peso vivo médio de aproximadamente, 450 Kg. Os alimentos foram pesados em sacos de náilon, incubados e retirados de acordo com os tempos de incubação 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas. Os resíduos dos sacos foram analisados quanto ao conteúdo de matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro. O coproduto de maracujá e o feno de capim Tifton 85 apresentaram potenciais de degradação da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de (64,40%; 84,40%; 46,70% e 60,80%; 63,40%; 54,10%, respectivamente). O coproduto do maracujá apresentou maior taxa fracional de degradação da MS (6,40%/h) em relação ao feno de capim Tifton 85 (2,50%/h). O coproduto do cacau apresenta valores de degradabilidades potencial da matéria seca (38,90%), proteína bruta (41,60%) e fibra em detergente neutro (38,80%), inferiores aos do coproduto do maracujá e feno de capim Tifton 85, ficando seu uso limitado na alimentação de ruminantes.

Palavras chave: coproduto, feno, maracujá

CHAPTER II - FORAGE EVALUATION OF DIETS FOR DAIRY HEIFERS USING *IN SITU* DEGRADABILITY TECHNIQUE

Abstract: We aimed to determine the kinetic parameters of the *in situ* degradability, of the cocoa and passion fruit by-product and Tifton 85 hay, and therefore evaluating its nutritional value. Two rumen-cannulated Girolando heifers (5/8 Holstein and 3/8 Gyr) were used with an average age of 30 months and average weight of 450 kg. Samples of cocoa and passion fruit by-product and Tifton 85 hay were weighed in nylon bags incubated for 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 and 96 hours. Residues from the bags were analyzed for dry matter, crude protein and neutral detergent fiber. The passion fruit by-product and the Tifton 85 hay showed potential degradation of dry matter, crude protein and neutral detergent fiber of (64.40%; 84.40%; 46.70% and 60.80%; 63.40%; 54.10%, respectively). The passion fruit by-product showed higher fractional degradation rates of dry matter (6.40% / h) compared with Tifton 85 hay (2.50% / h). The cocoa by-product presented potential degradability values of dry matter (38.90%); crude protein (41.60%) and neutral detergent fiber (38.80%) lower than the passion fruit by-product and Tifton 85 hay, which limits its use in ruminant diets.

Keywords: by-product, hay, passion fruit

INTRODUÇÃO

O rúmen representa o principal local onde ocorre a digestão dos constituintes dietéticos nos ruminantes, a qual é efetuada pela numerosa população microbiana desse compartimento (Van Soest, 1994). Este fato permite aos ruminantes o consumo e utilização de alimentos fibrosos com maior eficiência do que em outros animais.

O conhecimento do valor nutritivo dos alimentos que compõem a dieta dos animais torna-se importante por permitir maior adequação de dietas que otimizem o desempenho produtivo e reduzam o custo de produção (Cabral, 2002). Além disso, é sabido que os alimentos volumosos, principalmente aqueles de origem tropical, apresentam grande variação em sua composição e na taxa de degradação de seus componentes, conforme a espécie forrageira, idade da planta, época do ano, adubação do solo e manejo empregado (Van Soest *et al.*, 1991; Van Soest, 1994).

O valor nutritivo de coprodutos usados na alimentação animal vem sendo frequentemente avaliado por pesquisadores, mas ainda existe a necessidade de intensificação de estudos quanto ao perfil de fermentação e níveis adequados de inclusão dos mesmos para que se possa fundamentar e recomendar a utilização desses coprodutos, além de se fornecer um banco de dados com a padronização dessas matérias-primas na alimentação de ruminantes.

Na determinação do valor nutritivo de um alimento, além de sua composição química, aspectos relacionados à extensão da digestão potencial e à taxa de fermentação são de grande importância, já que esses parâmetros estão diretamente envolvidos no controle do consumo voluntário e conseqüentemente no desempenho animal. Por meio da técnica *in situ*, é possível estimar parâmetros relacionados à cinética de degradação de um alimento e de suas frações, em função de períodos de incubação no rúmen. Trata-se de um método cujos resultados apresentam alta correlação com os obtidos em experimentos *in vivo*, além de ser preciso, simples e rápido para se determinar a qualidade de um volumoso (Guimarães Junior *et al.*, 2010).

Nos sistemas atuais de formulação de dietas, são necessárias informações das proporções fibrosas dos alimentos e sua taxa de digestão, com o objetivo de sincronizar a liberação de energia e nitrogênio no rúmen, maximizar a síntese de proteína microbiana e a digestão dos alimentos e reduzir as perdas oriundas da fermentação ruminal (Cabral, 2005).

Assim, é crescente o interesse da pesquisa por estudos que avaliem os alimentos utilizados na alimentação animal, haja vista a grande diversidade e possibilidades de aproveitamento. O conhecimento da cinética de degradabilidade ruminal desses alimentos, gera importantes informações do processo de digestão que, podem melhor descrever o valor nutritivo dos mesmos, proporcionando um melhor entendimento do balanceamento energético-proteico das dietas. Diante disso, objetivou-se determinar os parâmetros cinéticos da degradação da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN) do coproduto do maracujá, cacau e do feno de capim Tifton 85, em novilhas leiteiras.

MATERIAL E MÉTODOS

O procedimento de incubação *in situ* de degradação ruminal dos alimentos oferecidos foi realizado nas dependências da Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal – UFV, localizada em Florestal – MG. Foram utilizadas duas novilhas girolandas (5/8 de holandês) fistuladas no rúmen, com idade média de 30 meses e peso de aproximadamente, 450 Kg. Os animais permaneceram em um piquete de capim Tifton 85 durante o período experimental e receberam dieta a base de silagem de milho, concentrado e sal mineral a vontade. Os alimentos analisados foram coproduto do maracujá, do cacau e feno de capim Tifton 85.

A composição química dos volumosos utilizados encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1- Composição química dos volumosos utilizados com base na MS (%)

Nutrientes	Feno capim Tifton 85	Coproduto do Cacau	Coproduto do Maracujá
Matéria Seca	91,91	28,90	30,10
Proteína Bruta	5,50	8,25	13,55
Fibra Detergente Neutro	79,42	78,59	60,36
Lignina	5,08	28,33	21,89
NDT*	57,74	37,69	53,32
NIDN*/Ntotal	38,64	68,20	14,30
NIDA*/Ntotal	15,91	85,91	10,61

*NIDN=Nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA=nitrogênio insolúvel em detergente ácido; NDT=nutrientes digestíveis totais, estimados segundo Capelle et al. (2001).

Foi utilizada a técnica do saco de náilon, descrita por Mehrez e Orskov (1977), obedecendo-se às recomendações propostas por Nocek (1988) com modificação do material do saquinho utilizado (5,0 x 5,0 cm), confeccionado utilizando-se tecido de náilon segundo trabalho de Casali *et al.* (2008). As amostras de alimento foram moídas em peneira de 5 mm e colocadas nos saquinhos obedecendo-se a relação de 20 mg/MS/cm² de superfície segundo

Nocek (1988), sendo em seguida colocados em uma sacola de filó de 15,00 x 30,00 cm, juntamente com 100g de peso de chumbo. As sacolas foram amarradas com um fio de náilon, deixando um comprimento livre de 1 metro para que as mesmas tivessem livre movimentação nas fases sólidas e líquidas do rúmen. As sacolas foram então depositadas na região ventral do rúmen por 96, 72, 48, 24, 12, 6, 3 e 0 horas. Foram confeccionados quatro sacos/animal/alimento/tempo de incubação, perfazendo um total de 192 saquinhos. Procedeu-se à determinação do tempo zero (T_0) que correspondeu à lavagem dos sacos em água corrente para determinação da fração solúvel da matéria seca (Casali *et al.*, 2009).

Imediatamente após serem retirados do rúmen nos tempos determinados, os sacos foram imersos em água fria e posteriormente lavados, manualmente, em água corrente em temperatura ambiente até que essa se mostrasse límpida. Após a lavagem, os sacos foram colocados em bandejas e levados à secagem em estufa de ventilação forçada por 48 horas a 65°C e, posteriormente, pesados para determinação do desaparecimento da matéria seca (MS). Realizou-se a moagem dos resíduos de incubação em moinho com peneira de 1 mm, sendo utilizados para determinação dos teores de MS, proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN) segundo Silva e Queiroz (2002) e Van Soest *et al.* (1991). Os teores dessas frações nas amostras das forrageiras e nos resíduos de incubação, juntamente com os pesos dos materiais incubados e de seus resíduos, foram utilizados para os cálculos do desaparecimento das respectivas frações.

As curvas de degradação para a MS, PB e FDN dos alimentos avaliados, foram submetidas ao ajuste para uma regressão não linear pelo método de Gauss-Newton (Neter *et al.*, 1985), usando-se o (SAEG, 2007). Na estimativa dos parâmetros cinéticos da MS, PB e FDN, foi utilizado o modelo assintótico de primeira ordem $Deg(t) = a + b(1 - e^{-ct})$, proposto por Orskov e McDonald (1979), em que: Deg = degradabilidade ou desaparecimento do nutriente (MS, PB, FDN) do alimento analisado, após um tempo t, expressa em porcentagem; a = intervalo da curva de degradabilidade quando $t = 0$, corresponde a fração do alimento solúvel em água; b = fração insolúvel em água mas potencialmente degradável no rúmen em determinado tempo; a + b = degradabilidade potencial do nutriente do alimento, quando o tempo t não é um fator limitante; c = é a taxa de degradação da fração potencialmente degradável no rúmen (b); t é o tempo de incubação (horas).

Uma vez calculadas as constantes a, b e c estas foram aplicadas à equação proposta por Orskov e McDonald (1979) para cálculo da degradabilidade efetiva (DE):

$$DE = a + ((b*c) / (c + k))$$

Em que:

DE = degradabilidade ruminal efetiva do nutriente do alimento analisado;

k = corresponde à taxa estimada de passagem das partículas no rúmen. Os demais parâmetros já foram descritos anteriormente. Os valores de k utilizados para o cálculo da DE foram de 2 e 5%/h, para animais com baixo e médio nível de consumo de matéria seca, respectivamente, segundo preconizado pelo ARC (1984).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 2 e 3 e Figura 1, estão as porcentagens de desaparecimento da matéria seca (MS) e as frações solúvel (a), potencialmente degradável (b) e taxa de degradação da fração b (c) da MS, respectivamente, dos alimentos incubados no rúmen de novilhas leiteiras.

Os valores de desaparecimento da MS dos alimentos variaram de 33,40 a 64,40%; 12,00 a 38,80% e 11,00 a 56,30%, respectivamente para os coprodutos do maracujá, cacau e feno de capim Tifton 85. Os parâmetros analisados da degradabilidade mostram que o desaparecimento da MS do coproduto do maracujá foi superior ao coproduto do cacau e feno de capim Tifton 85 para todos os tempos avaliados. Particularmente a maior taxa de degradação fracional “c” (6,41%/h), contribuiu para a superioridade dos valores de desaparecimento da MS do coproduto do maracujá em relação aos outros volumosos estudados, devido, provavelmente, à maior quantidade de carboidratos solúveis (pectina) e extrato etéreo, fornecedores de aporte energético adequado aos microrganismos ruminais presentes nesse alimento.

Tabela 2- Desaparecimento da matéria seca (%) dos coprodutos de maracujá, cacau e do feno de capim Tifton 85 incubados em novilhas leiteiras.

Tempo (horas)	Degradabilidade MS (%)							
	0	3	6	12	24	48	72	96
Coproduto Maracujá	33,40	38,80	43,30	50,10	57,80	63,00	64,10	64,40
Coproduto Cacau	12,00	16,40	20,10	25,70	32,40	37,30	38,50	38,80
Feno capim Tifton 85	11,00	14,60	17,90	23,90	33,50	45,80	52,60	56,30

Os valores de desaparecimento da MS do coproduto do cacau aqui encontrados foram baixos, provavelmente em virtude das altas concentrações de lignina e taninos presentes nesse alimento. Os valores apresentados foram menores do que os encontrados por Rogério (2005) para o desaparecimento da MS do coproduto de abacaxi, que variou de 34,64 a 59,28%, ou mesmo para o coproduto de acerola, que, assim como o coproduto do cacau, apresenta altos conteúdos de lignina e taninos, com taxas de desaparecimento da MS de 33,14% às seis horas de incubação e de 48,68% às 96h de incubação. Para os coprodutos do cacau e do maracujá,

foram observados valores crescentes de desaparecimento da MS, à medida que aumentou o tempo de incubação, até o tempo de 48 h, onde parece ter havido estabilização do processo fermentativo.

Tabela 3- Frações solúvel (a) (%), potencialmente degradável (b) (%), taxa de degradação da fração “b” (c) (%/h) e degradabilidade potencial (DP) da matéria seca do coproduto do maracujá, coproduto do cacau e do feno de capim Tifton 85.

Alimentos	MS				
	a	b	c	DP	r ²
Coproduto Maracujá	33,39	31,04	0,0641	64,40	0,97
Coproduto Cacau	11,96	26,89	0,0297	38,90	0,97
Feno capim Tifton 85	11,00	49,78	0,0250	60,80	0,99

Quanto aos parâmetros cinéticos da degradação da matéria seca (MS), nota-se que a fração solúvel em água no tempo zero (a) foi mais representativa para o coproduto do maracujá, do que para o coproduto do cacau e feno de capim Tifton 85 (Tabela 3). Os valores das frações solúveis, potencialmente degradável e taxa de degradação da MS do feno de capim Tifton 85 (16,92%; 75,83% e 1,83%/h) encontrado por Jobim *et al.* (2011) foram próximos aos apresentados nesse trabalho, de (11,00% a 60,80% com uma taxa de 2,5%/h).

Para Sampaio (1988), os parâmetros a e c são os principais na qualificação de uma forragem. Um elevado valor de “a” indica um material muito degradável, ao passo que maior valor de “c” implica menor tempo para o desaparecimento da fração potencialmente degradável, sendo que forragens de boa qualidade devem apresentar taxas de degradação superiores a 2%/h. No presente experimento, isso foi verificado para todos os alimentos incubados no ambiente ruminal que apresentaram taxa de degradação de 6,41; 2,97 e 2,50%/h, para o coproduto do maracujá, cacau e feno de capim Tifton 85, respectivamente.

Em relação à taxa de degradação da fração “b” (c) da MS, o coproduto do maracujá foi superior ao feno de capim Tifton 85 e ao coproduto do cacau (Tabela 3), mostrando maior desaparecimento desse alimento em relação aos outros volumosos. Este fator associado à maior fração solúvel (a) leva à maior taxa de desaparecimento do coproduto do maracujá no rúmen, num mesmo intervalo de tempo, em relação ao feno de capim Tifton 85 e ao coproduto do cacau (Figura 1).

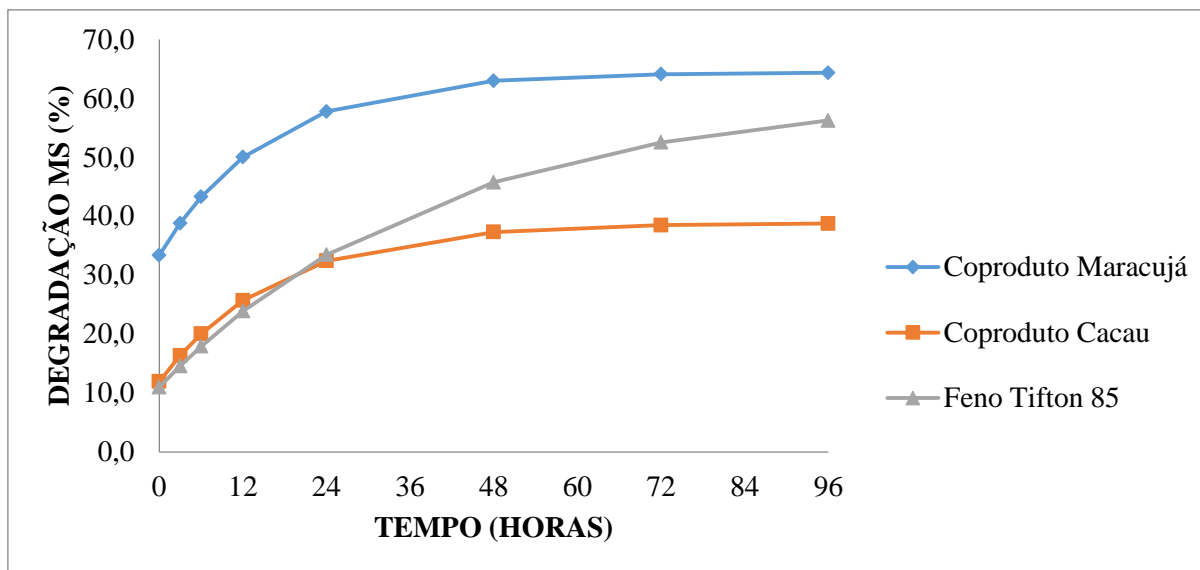


Figura 1- Curvas de desaparecimento da matéria seca do coproduto do maracujá, coproduto do cacau e do feno de capim Tifton 85.

As características físicas da parede celular, o tamanho das partículas, o tecido de origem, a forma, a flutuação e gravidade específica no rúmen afetam a taxa com que as partículas são degradadas e que passam pelo trato digestório (Wilson e Kenedy, 1996). Assim, a taxa de degradação das frações dos alimentos pode ser considerada como uma característica intrínseca dos alimentos, dependendo de fatores como composição química das forragens, proporção dos diferentes tecidos da planta, influenciados pelo estágio de maturidade, área de superfície e estimativa da parede celular. Pode ser influenciada também por fatores relacionados ao animal, como a taxa de redução de partículas pela ruminação, pela atividade microbiana e condições ruminais (Nussio *et al.*, 2005).

É importante destacar que em se tratando de alimentos alternativos, como os coprodutos do maracujá e do cacau, além das taxas de degradação superiores a 2,0%/h, deve-se considerar também os valores da degradabilidade potencial, para se ter uma avaliação mais adequada sobre o emprego desses volumosos na nutrição de ruminantes. Forrageiras com maiores valores de degradabilidade potencial são mais digestíveis no rúmen, mas também devem apresentar altos valores de taxa de degradação para propiciar o potencial máximo de degradação em menor tempo. Para os coprodutos de maracujá e cacau, a DP da MS foi de 64,40% e 38,90%, mostrando que o coproduto do cacau apresenta limitações, provavelmente relacionadas às características fibrosas, na alimentação de ruminantes. Segundo Azevedo *et al.* (2011), a presença de lignina tende a aumentar a fração indigerível, reduzindo, desta forma, a fração potencialmente digerível.

Jobim *et al.* (2011) encontrou valores de DP da MS para ao feno de capim Tifton 85 de 70,34%, superior ao encontrado nesse trabalho. Os elevados teores de FDN do feno de

capim Tifton 85 (79,42%), apresentado na Tabela 1, podem ter contribuído para o resultado encontrado no presente trabalho.

Nas Tabelas 4 e 5 e Figura 2, estão as porcentagens de desaparecimento da proteína bruta (PB) e as frações solúvel (a), potencialmente degradável (b) e taxa de degradação da fração b (c) da PB, respectivamente, dos alimentos incubados no rúmen de novilhas leiteiras. A degradabilidade da PB do coproduto do maracujá, do cacau e do feno de capim Tifton 85, variaram de 37,10% a 84,40%; 15,80% a 41,60% e 22,50% a 62,90%, respectivamente, com tendência a estabilização da degradação para os coprodutos de maracujá e cacau após 24h.

Tabela 4- Desaparecimento da proteína bruta (%) dos coprodutos de maracujá, cacau e do feno de capim Tifton 85 incubados em novilhas leiteiras.

Tempo (horas)	Degradabilidade Proteína Bruta (%)							
	0	3	6	12	24	48	72	96
Coproduto Maracujá	37,10	72,00	81,20	84,20	84,40	84,40	84,40	84,40
Coproduto Cacau	15,80	23,40	28,70	35,10	40,00	41,50	41,60	41,60
Feno capim Tifton 85	22,50	27,70	32,30	39,70	49,70	58,80	61,80	62,90

Em relação à cinética de degradabilidade da PB do coproduto do maracujá, cacau e feno de capim Tifton 85 (Tabela 5), os resultados de solubilidade da PB (a) mostram valores variando entre 15,84 e 37,10%, que representa a porção de nitrogênio solúvel ou suficientemente moído em partículas pequenas para sair pelos poros da bolsa de incubação. A extensão com que a proteína é degradada no rúmen constitui parâmetro importante para determinação do fornecimento de nitrogênio aos microrganismos e da quantidade de aminoácidos que pode ser absorvida no intestino.

Tabela 5- Frações solúvel (a) (%), potencialmente degradável (b) (%), taxa de degradação da fração “b” (c) (%/h) e degradabilidade potencial (DP) da proteína bruta do coproduto do maracujá, coproduto do cacau e do feno de capim Tifton 85.

Material	Proteína Bruta				
	a	b	c	DP	r ²
Coproduto Maracujá	37,07	47,36	0,447	84,40	0,90
Coproduto Cacau	15,84	25,74	0,115	41,60	0,95
Feno capim Tifton 85	22,50	40,87	0,045	63,40	0,93

A maior fração solúvel “a” do coproduto do maracujá, superior aos outros volumosos, mostra que a fração proteica desse volumoso é mais rapidamente disponibilizada no rúmen, fornecendo compostos nitrogenados não proteicos para microrganismos que fermentam carboidratos estruturais em comparação aos demais alimentos em estudo. A maior taxa de desaparecimento da MS e da PB do coproduto do maracujá, em relação ao feno de capim Tifton 85 e o coproduto do cacau, associadas à composição químico-bromatológica, pode

proporcionar melhor qualidade às dietas de ruminantes. Observa-se que a DP da PB foi substancialmente maior do que àquela encontrada para a MS para o coproduto do maracujá (Tabela 5), revelando que a taxa de desaparecimento da PB provavelmente não foi responsável pela limitação da degradabilidade da MS.

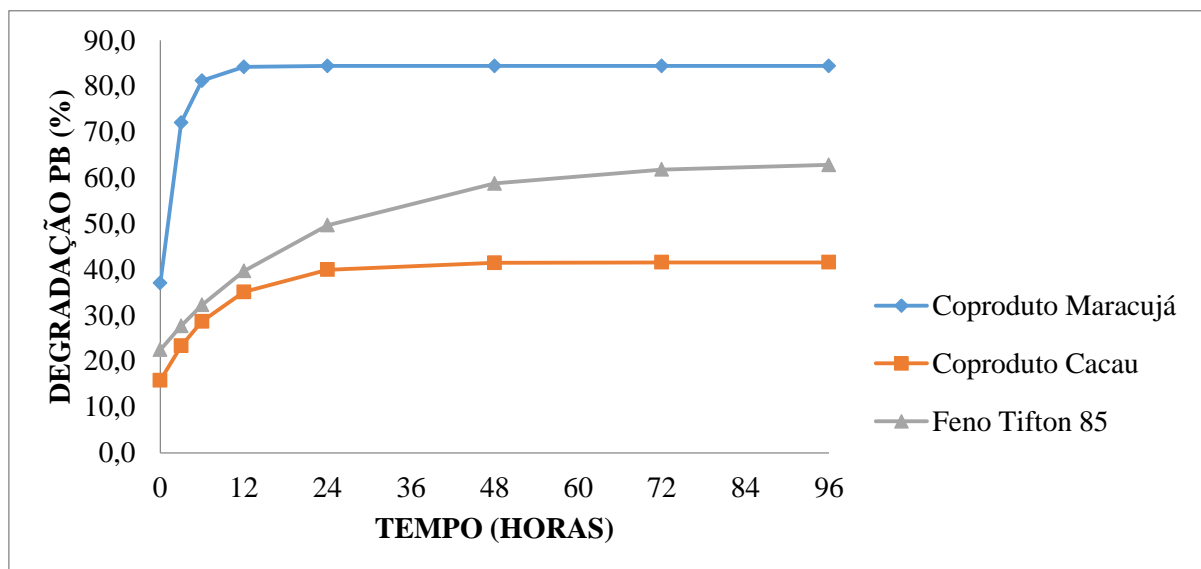


Figura 2- Curvas de desaparecimento da proteína bruta do coproduto do maracujá, coproduto do cacau e do feno de capim Tifton 85.

Rogério (2005) encontrou valores de potencial de degradação da PB e fração solúvel do coproduto do maracujá de 93,27% e 69,56%, e concluiu que este coproduto pode ser utilizado como alimento fornecedor de proteínas de alta solubilidade ao ambiente ruminal, destacando a importância desse alimento principalmente quando na dieta são incluídos alimentos de baixa degradabilidade proteica ou quando se deseja melhorar a eficiência de síntese de proteína microbiana.

Em relação ao coproduto do cacau, os parâmetros relativos à degradabilidade da PB, apresentaram-se inferiores aos outros volumosos estudados, provavelmente devido a presença de ligninas, taninos que estando ligada às porções fibrosas desse coproduto, provocaram a indisponibilização do nitrogênio aos microrganismos ruminais. O potencial de aproveitamento da PB correlaciona-se negativamente com a fração de nitrogênio ligado à fibra insolúvel em detergente ácido (NIDA) do alimento. De acordo com Sniffen *et al.* (1992) o teor de NIDA consiste de compostos nitrogenados associados a lignina, taninos, produtos da reação de Maillard, que são resistentes a ação das enzimas microbianas e intestinais. Essa fração varia nos alimentos e pode aumentar com o avançar da idade da planta, com o tipo de forrageira, com as condições ambientais durante o desenvolvimento da forrageira, processamento a que o alimento seja submetido, etc., proporcionando diferentes valores de degradabilidade ruminal da PB. Assim, o maior teor de NIDA no coproduto do cacau (Tabela 1) possivelmente

contribuiu para reduzir a degradação ruminal, fazendo com que ele apresentasse as menores taxas de aproveitamento da PB.

Carvalho *et al.* (2006), avaliando a degradabilidade ruminal dos nutrientes dos fenos de Colonião (*Panicum maximum*), Tifton (*Cynodon dactylon*) e braquiária (*Brachiaria decumbens*), relataram valores da fração potencialmente degradável da MS de 62% e de 41% a 71% da PB. Concluíram que a cinética ruminal da MS, FDN, FDA e hemiceluloses para os fenos, foi semelhante, indicando que o feno destas gramíneas possui o mesmo potencial de utilização, já que a eficiência de aproveitamento no rúmen é semelhante.

As porcentagens de desaparecimento da fibra em detergente neutro (FDN) nos vários tempos de incubação, bem como as frações solúvel (a), potencialmente degradável (b) e taxa de degradação da fração “b” (c) encontram-se nas Tabelas 6, 7 e Figura 3, respectivamente.

O três volumosos avaliados apresentaram uma tendência crescente de desaparecimento da FDN, com valores que variaram de 17,90% a 46,70%; 9,00% a 38,70% e 11,90% a 54,00%, respectivamente, para o coproduto do maracujá, cacau e feno de capim Tifton 85. O feno de capim Tifton 85 apresentou maior degradabilidade potencial da FDN (54,10%), quando comparado com o coproduto de maracujá (46,70%) e cacau (38,80%), avaliados.

Tabela 6- Desaparecimento da fibra em detergente neutro (%) dos coprodutos de maracujá, cacau e do feno de capim Tifton 85 incubados em novilhas leiteiras.

Tempo (horas)	Degradabilidade FDN (%)							
	0	3	6	12	24	48	72	96
Coproduto Maracujá	17,90	25,60	31,20	38,40	44,30	46,50	46,70	46,70
Coproduto Cacau	9,00	14,30	18,60	25,10	32,50	37,40	38,50	38,70
Feno capim Tifton 85	11,90	18,70	24,40	33,20	43,70	51,50	53,50	54,00

Os valores para a fração “a” da FDN normalmente é próxima de zero, estando representada pelas partículas que são perdidas na lavagem pelos poros dos sacos, uma vez que os constituintes da parede celular são insolúveis em água, configurando-se em um dos problemas da técnica *in situ* quando são avaliadas porções fibrosas em forrageiras.

Tabela 7- Frações solúvel (a) (%), potencialmente degradável (b) (%), taxa de degradação da fração “b” (c) (%/h) e degradabilidade potencial (DP) da fibra em detergente neutro do coproduto do maracujá, coproduto do cacau e do feno de capim Tifton 85.

Parâmetros	FDN				
	a	b	c	DP	r ²
Coproduto Maracujá	17,88	28,82	0,1035	46,70	0,98
Coproduto Cacau	9,04	29,71	0,0251	38,80	0,94
Feno capim Tifton 85	11,94	42,18	0,0582	54,10	0,92

Analisando a Tabela 7, observa-se a baixa degradabilidade da FDN dos volumosos estudados, que reflete também na degradabilidade potencial da MS, pois a FDN representa a maior proporção da MS dos alimentos estudados e exerce, provavelmente, elevado efeito sobre a digestão ruminal desses. Segundo Ítavo *et al.* (2002), dos nutrientes necessários às exigências nutricionais para manutenção, crescimento e/ou produção de bovinos, a energia oriunda da degradação ruminal de celulose e hemicelulose constitui a principal contribuição dos alimentos. Dessa forma, o feno de capim Tifton 85 mostrou-se superior aos outros volumosos estudados.

A taxa de degradação da fração “b” da FDN do coproduto do maracujá foi maior do que o coproduto do cacau e o feno de capim Tifton 85, o que poderia proporcionar maior ingestão de matéria seca pelos animais ruminantes em função da alta taxa de desaparecimento num dado intervalo de tempo (Figura 3).

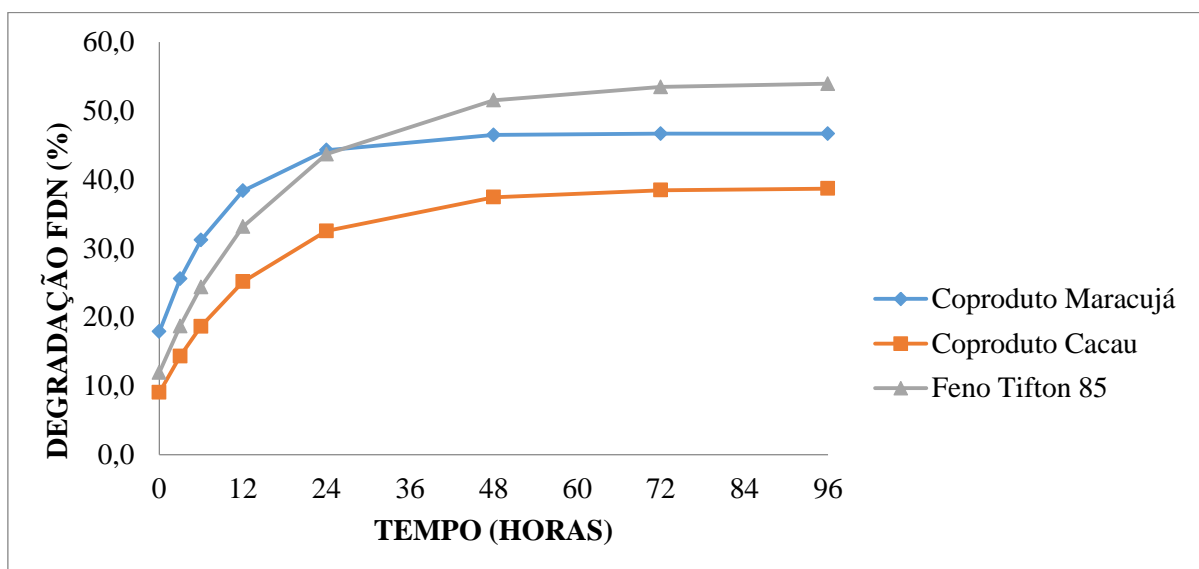


Figura 3- Curvas de desaparecimento da fibra em detergente neutro do coproduto do maracujá, coproduto do cacau e do feno de capim Tifton 85.

Detmann *et al.* (2005), relataram que quando são utilizadas forragens de baixa qualidade na alimentação de ruminantes, é necessária a inclusão de carboidratos prontamente degradáveis no rúmen, que irão disponibilizar energia mais rapidamente, melhorando a capacitação de N-NH₃ para síntese microbiana, maximizando assim, sua eficiência. E segundo Russell *et al.* (1992), fontes de nitrogênio não protéico (NNP) que compõem a fração “a” solúvel, são fundamentais para o bom funcionamento ruminal, pois os microrganismos ruminais, fermentadores de carboidratos estruturais, utilizam amônia como fonte de nitrogênio. Entretanto, altas concentrações de NNP podem resultar em perdas nitrogenadas se

houver ausência de esqueletos de carbono prontamente disponíveis para síntese de proteína microbiana.

Segundo Mertens (1996), a fração não-degradável da FDN tem considerável efeito sobre a indigestibilidade dos alimentos, pois apresenta lenta e incompleta digestão no trato gastrintestinal dos ruminantes. A fração fibrosa insolúvel em detergente neutro é constituída por hemiceluloses, celulose e lignina. Após a degradação pelos microrganismos ruminais da fração potencialmente digestível, resta o resíduo indigestível composto por hemiceluloses e celulose ligadas à lignina, além da lignina isolada (Rodrigues e Vieira, 2006). A presença de lignina nos volumosos e nas sementes do coproduto do maracujá, leva ao aumento do resíduo indigestível da fração fibrosa insolúvel em detergente neutro, o que contribui para a redução da degradabilidade da FDN.

As degradabilidades efetivas (DE) da MS, PB e FDN dos três alimentos estudados encontram-se na Tabela 8. Os valores de médios DE da MS, PB e FDN para o coproduto do maracujá nas taxas de passagem 2 e 5 %/h (54%; 81% e 40%) foram superiores aos do coproduto do cacau (29%; 36% e 29%) e feno de capim Tifton 85 (33%; 46%; 39%), respectivamente. Esses valores de DE da MS e FDN para o feno de capim Tifton 85 e coproduto do cacau indicam que esses alimentos permanecerão maior tempo no rúmen para atingir o máximo potencial de degradação.

Tabela 8 - Degradabilidade efetiva (DE) (%), nas taxas de passagem (2 e 5%/h) das frações de matéria seca (MS), da proteína bruta (PB) e da fibra em detergente neutro (FDN) do coproduto do maracujá, cacau e do feno de capim Tifton 85.

Parâmetros	Degradabilidade efetiva (DE)					
	MS		PB		FDN	
	2%/h	5%/h	2%/h	5%/h	2%/h	5%/h
Coproduto Maracujá	57,10	50,80	82,40	79,70	42,00	37,30
Coproduto Cacau	32,10	26,60	37,80	33,80	31,80	25,80
Feno capim Tifton 85	38,70	27,60	50,90	42,00	43,30	34,60

Jobim *et al.* (2011) encontraram valores de DE da MS do feno de capim Tifton 85 de 36,57% e 30,6%, respectivamente, para taxas de passagem de 5 e 8%/h, superiores aos valores encontrados nesse trabalho para as taxas de passagem de 2 e 5%/h (38,70 e 27,60%/h). Itavo *et al.* (2002), avaliando a degradabilidade ruminal de fenos de gramínea do gênero *Cynodon* (Tifton 85 e Coastcross), encontram valores de degradabilidade efetiva (DE) da MS, FDN e PB de aproximadamente, (50% e 34%; 45% a 30% ;70 a 55%) para taxas de passagem de 2 e 5%/h respectivamente. Esses resultados foram superiores aos encontrados no presente

trabalho (Tabela 8) para a DE da MS e PB do feno de capim Tifton 85, provavelmente por diferenças na composição bromatológica dos referidos alimentos.

Com relação à DE da MS e da PB do coproduto do maracujá e feno de capim Tifton 85, provavelmente a maior fração solúvel da PB para esses volumosos, fez com que a DE da PB fosse maior que aquela evidenciada para a MS, em ambas as taxas de passagem. Já, para o coproduto do cacau, os valores de DE da MS foram inferiores aos encontrados para outros coprodutos como o da acerola (31,94%) e o da goiaba (27,18%) citados por Manoel *et al.* (2003), todos para a taxa de passagem de 5,0%/h, com características bromatológicas semelhantes.

Provavelmente não houve melhores resultados em relação à DE da PB do feno de capim Tifton 85 particularmente porque a taxa fracional (c) de degradação da PB do coproduto do maracujá foi bem superior àquela encontrada para o capim (Tabela 4). Altas frações solúveis, segundo Van Soest (1994), fornecem ao ambiente ruminal, peptídeos, aminoácidos livres, amônia, aminas, entre outros compostos nitrogenados importantes para a síntese de proteína microbiana e como constituintes a serem absorvidos pós ruminalmente.

Os atuais sistemas de avaliação de alimentos levam em conta a estimativa da degradabilidade ruminal dos compostos nitrogenados dos alimentos e a síntese de proteína microbiana, que, por sua vez, está relacionada à disponibilidade de nitrogênio e de energia fermentescível (Pereira *et al.*, 2010). A eficiência de síntese de proteína microbiana tem sido relatada como sendo igual à exigência de proteína degradável no rúmen (PDR) relacionada com a quantidade de nutrientes digestíveis totais (NDT) fornecidos, ou seja, para cada kg de NDT ingerido pelo animal, a quantidade de PDR deverá ser de 13,0%. Assim, analisando esses parâmetros de acordo com os dados de NDT (Tabela 1) para os alimentos em estudo, os valores de PDR para o coproduto do maracujá, cacau e feno de capim Tifton 85 são de (6,93%; 4,90% e 7,50%), respectivamente. Contudo, ao se observar os valores de DE da PB (Tabela 8) e os teores de PB dos alimentos supracitados, os valores de PDR são de (10,80%; 3,00% e 2,50%). Observa-se assim, que o coproduto do maracujá se destaca no atendimento das exigências dos microrganismos ruminais em PDR.

Segundo Pereira *et al.* (2010), dentre os componentes químicos relacionados com a quantidade de energia disponível de um alimento, especialmente o extrato etéreo e proteína bruta, têm sido positivamente correlacionados ao NDT. Portanto, ao se analisar a composição química e disponibilidade desses componentes no coproduto do maracujá, pode-se inferir que sua ingestão proporcionaria maior aporte de energia e proteína disponíveis aos microrganismos ruminais quando comparado aos outros volumosos estudados.

Segundo o NRC (2001), a sincronização nas disponibilidades de nitrogênio e de energia favorece a utilização dos compostos nitrogenados da dieta e o maior suprimento de proteína microbiana pós-rúmen. Assim, em dietas de ruminantes em que o feno de capim Tifton 85 e o coproduto do cacau, com características nutricionais como as apresentadas nesse estudo forem utilizados como parte da dieta volumosa de ruminantes, a utilização de fontes de proteína de rápida degradabilidade ruminal é indicada para maximizar o crescimento microbiano e favorecer a produtividade animal.

CONCLUSÕES

O coproduto do maracujá apresenta potencial elevado de degradação da matéria seca e proteína bruta no rúmen podendo substituir parte dos volumosos em dietas para ruminantes.

O coproduto do cacau apresenta baixos valores de degradabilidades potencial e efetivas da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro do que o coproduto do maracujá e feno de capim Tifton 85, ficando seu uso limitado na alimentação de ruminantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. *Report of the Protein Group of the Agricultural Research Council Working Party on the Nutrient Requirements of Ruminants. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock (Suppl. 1).* Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK. 1984, 45p.

AZEVEDO, J. A. G., VALADARES FILHO, S. C., PINA, D. S., et al. Consumo, digestibilidade total, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio em dietas com resíduos de frutas para ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.5, p.1052-1060, 2011.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; et al. Cinética ruminal das frações de carboidratos, produção de gás, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e NDT estimado da silagem de milho com diferentes proporções de grãos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.6, p.2332-2339, 2002.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, da proteína e da fibra de alguns alimentos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, n.8, p.777-781, 2005.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M. *et al.* Degradabilidade ruminal do feno de forrageiras tropicais. *Revista Brasileira Agrociência*, v.12, n.1, p.81-85, 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.

CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. *et al.* Estimação de teores de componentes fibrosos em alimentos para ruminantes em sacos de diferentes tecidos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.1, p.130-138, 2009.

GUIMARÃES JUNIOR, R.; GONÇALVES, L.C.; JAYME, D.G. *et al.* Degradabilidade *in situ* de silagens de milho em ovinos. *Ciência Animal Brasileira*, v. 11, n. 2, p.334-343, 2010.

ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FIHO, 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, n.2, p.1024-1032, 2002.

JOBIM, C.C.; FERREIRA, G.A.; BUMBIERIS JUNIOR, V.H. *et al.* Cinética da degradação dos fenos de alfafa e Tifton 85 e da silagem de milho. *Ciências Agrárias*, v. 32, n.2, p. 747-758, 2011.

MEHREZ, A.Z., ORSKOV, E.R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *Journal Agricultural Science*, v.88, n.3, p.645-665, 1977.

MERTENS, D.R. *Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations*. In: INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGES INDUSTRIES. US Dairy Forage Research Center, 1996.

NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNER, M.H. *Linear statistical models: regression, analyses of variance and experimental designs*. 2.ed. USA:Richard D.Irwin, 1125p, 1985.

NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal of Dairy Science*, v.71, n.5, p.2051-2069, 1988.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Silagens de cana-de-açúcar para bovinos leiteiros: aspectos agronômicos e nutricionais. In: VISÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA PRODUÇÃO

LEITEIRA, 2005, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2005, p.193-218.

ORSKOV, E. R.; McDONALD, J. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agriculture Science*, v. 92, n. 2, p. 499-503, 1979.

PEREIRA, E. S.; PIMENTEL, P. G.; DUARTE, L. S. *et al.* Determinação das frações proteicas e de carboidratos e estimativa do valor energético de forrageiras e subprodutos da agroindústria produzidos no Nordeste Brasileiro. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, n. 4, p. 1079-1094, 2010.

RODRIGUES, M.T, VIEIRA, R.A.M. Metodologias aplicadas ao fracionamento de alimentos. In: BERCHIELLI, T.T., PIRES, A.V., OLIVEIRA, S.G. *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal: Funep, 2006. Cap. 2, p 25 – 55.

ROGÉRIO, M.C.P. *Valor Nutritivo de Subprodutos de Frutas para Ovinos*. 2005. 318p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária - Universidade Federal de Minas Gerais:UFMG, Belo Horizonte-MG.

RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. *Journal of Animal Science*, v.70, n.12, p.3551-3561, 1992.

SAEG- *Sistema para Análises Estatísticas*, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SAMPAIO, I. B. M. *Experimental designs and modelling techniques in the study of roughage degradation in rumen and growth of ruminants*. 1988. 214 f. Tese (Doutorado em Fisiologia) – University of Reading, Reading.

SNIFFEN, C.J; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

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

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

WILSON, J.R.; KENNEDY, P.M. Plant and animal constraints to voluntary feed intake associated with fiber characteristics and particle breakdown and passage in ruminants. *Australian Journal of Agriculture Science*, p.47-199, 1996.

CAPÍTULO III - INCLUSÃO DO COPRODUTO DO CACAU EM DIETAS PARA NOVILHAS LEITEIRAS: CONSUMO, DIGESTIBILIDADE APARENTE, BALANÇO PROTEICO, ENERGÉTICO E COMPORTAMENTO INGESTIVO ANIMAL.

Resumo: Objetivou-se avaliar a inclusão do coproduto do cacau (*Theobroma cocoa*), em substituição ao volumoso, sobre o consumo, a digestibilidade dos nutrientes, o balanço proteico, energético e o comportamento ingestivo animal. Dezesesseis novilhas mestiças Holandês X Zebu, peso vivo médio de (363,00 ± 27,70Kg), foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 4 repetições, perfazendo 16 observações. As dietas oferecidas se diferenciavam quanto à substituição do feno de capim Tifton 85 (*Cynodon sp*) pelo coproduto do cacau em (zero, 8, 16, 24% da matéria seca) ofertadas em refeições iguais, oferecidas às 7 horas e 16 horas. Houve redução (P<0,05) na digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e ácido com inclusão do maior nível de coproduto do cacau às dietas. A digestibilidade da energia bruta, energia metabolizável e o balanço de nitrogênio foram afetados negativamente (P<0,05) pela maior inclusão do coproduto do cacau. Avaliando o comportamento ingestivo, verificou-se o maior tempo em ócio para as dietas com inclusão crescente do coproduto. O coproduto do cacau pode ser utilizado em até 16% em substituição ao volumoso em dietas para novilhas leiteiras.

Palavras chave: mastigação, feno, lignina

CHAPTER III - COCOA BY-PRODUCT INCLUSION IN DIETS FOR DAIRY HEIFERS: INTAKE, APPARENT DIGESTIBILITY, PROTEIN AND ENERGY BALANCE AND ANIMAL FEEDING BEHAVIOR.

Abstract: We aimed to evaluate the substitution of the cocoa by-product (*Theobroma cocoa*) for forage, on intake, digestibility of nutrients, protein and energy balance and animal feeding behavior. Sixteen crossbred heifers Holstein x Zebu, average weight (363.00 ± 27.70Kg), were distributed in a completely randomized design with four treatments and four replications. The diets offered contained (0, 8, 16, 24%) cocoa by-product in place of Tifton 85 hay. Diets were fed at 0700 and 1600h. The greatest substitution of cocoa by-product decreased digestibility of dry matter, crude protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber (P <0.05). The digestibility of gross energy, metabolizable energy and nitrogen balance were negatively affected by the greatest inclusion of cocoa by-product (P <0.05). The greatest idle time was increased with increasing levels of cocoa by-product. Adding cocoa by-product

as 16% of a diet is an acceptable feeding strategy for dairy heifers.

Keywords: chewing, hay, lignin

INTRODUÇÃO

A crescente demanda pela utilização racional e sustentável dos alimentos exerce uma pressão cada vez maior sobre a pesquisa que vem buscando a utilização de fontes alimentícias alternativas na nutrição animal, principalmente na substituição de grãos na alimentação de ruminantes em produção (Pedroso *et al.*, 2009). Isto porque o custo dessas fontes tradicionais de alimento tem se tornado limitante à rentabilidade dos sistemas de produção animal, sendo a inclusão de fontes alimentares alternativas, uma opção para melhorias ou manutenção da atividade produtiva.

O consumo depende, de forma direta, da eficiência do ruminante em processar e utilizar o alimento no ambiente ruminal para produção de energia. A digestibilidade, por sua vez, depende diretamente do nível de consumo (NRC, 2001) e, conseqüentemente, das variáveis que o afetam. Os fatores que controlam o consumo de alimentos são complexos, verdadeiramente multifatoriais e não existe um consenso de como os ruminantes regulam esta importante atividade (Forbes, 2007). Interações entre numerosos fatores como: dieta, animal, ambiente e manejo são os principais responsáveis pela falta de precisão nas estimativas desse parâmetro (McMenimam *et al.*, 2009).

Existe demanda e uso, pelos produtores rurais, dos coprodutos na alimentação de animais ruminantes, entretanto a escassez de dados, particularmente no que diz respeito ao valor nutritivo destes coprodutos e desempenho dos animais, tem dificultado sua utilização de forma adequada.

O conhecimento do comportamento ingestivo de animais que recebem coprodutos como parte da dieta, possibilita a elaboração de rações mais adequadas nutricionalmente, além de elucidar problemas relacionados com o consumo. A presença de eventuais substâncias antinutricionais nos alimentos poderá refletir de forma a alterar os tempos despendidos em alimentação e, conseqüentemente, em ruminação e ócio (Dado e Allen, 1995).

Objetivou-se avaliar a inclusão do coproduto do cacau em substituição ao feno de capim Tifton 85, sobre o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, o balanço proteico, energético e o comportamento ingestivo de novilhas leiteiras.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nas dependências da Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal – UFV, localizada em Florestal – MG nos meses de maio a agosto de 2012. Foram utilizadas 16 novilhas mestiças HZ, com peso médio de $(363,00 \pm 27,70\text{Kg})$, identificadas, pesadas, vermifugadas e alojadas individualmente em baias cobertas, com piso de concreto, de 3×3 m de área, dotadas de comedouros e bebedouros individuais feitos de bombonas de plástico. Os animais foram distribuídos aleatoriamente num delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 4 repetições, perfazendo 16 observações.

O coproduto do cacau (*Teobroma cacao*) utilizado foi obtido da CEPLAC (Comissão Executiva de Planejamento da cultura cacauera) e de fazendas produtoras de cacau da região de Linhares-ES e era composto por cascas que, após secagem ao sol, foi armazenado em tambores. Posteriormente, o coproduto do cacau foi triturado em desintegradora de forragem e fornecido aos animais.

As dietas experimentais utilizadas foram: Tratamento 1: Feno de capim Tifton 85 (*Cynodon sp*) + fubá de milho; Tratamento 2: Feno de capim Tifton 85 (*Cynodon sp*) + fubá de milho + 8% de coproduto do cacau; Tratamento 3: Feno de capim Tifton 85 (*Cynodon sp*) + fubá de milho + 16% de coproduto do cacau; Tratamento 4: Feno de capim Tifton 85 (*Cynodon sp*) + fubá de milho + 24% de coproduto do cacau, além de uréia + sulfato de amônio, suplemento vitamínico/mineral e água *ad libitum*.

As dietas foram divididas em duas refeições iguais, oferecidas às 7horas e 16horas. As sobras foram colhidas diariamente pela manhã, pesadas e a quantidade de alimento oferecido baseou-se nesse valor acrescido do necessário para que se mantivesse 10% de sobras. Utilizou-se a mistura de uréia/sulfato de amônio na proporção de 9:1 para manter as dietas isoprotéicas (10% de PB).

O período experimental teve duração de 17 dias, com 12 dias para adaptação dos animais às dietas, manejo e instalações; cinco dias para coletas do alimento fornecido, sobras, fezes, urina e vinte e quatro horas para as observações referentes ao comportamento ingestivo.

A composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais, bem como a proporção dos ingredientes utilizados e os teores médios dos nutrientes obtidos para as dietas experimentais encontram-se nas Tabelas 9 e 10, respectivamente.

Tabela 9- Composição química (%) e níveis de energia bruta (Kcal/g) dos ingredientes das dietas fornecidas durante o experimento com base na matéria seca.

Nutrientes	Feno de capim Tifton 85	Fubá de Milho	Coproducto do Cacau
Matéria Seca (%MN)	90,35	87,00	28,90
Matéria Mineral	6,01	1,60	11,74
Proteína Bruta	6,59	9,10	8,25
Fibra Detergente Neutro	79,42	8,30	78,59
Fibra em Detergente Ácido	37,72	3,51	60,62
Carboidratos Totais	85,98	85,90	77,91
Carboidratos não fibrosos	13,16	86,35	7,57
Lignina	2,89	1,34	28,33
NIDN [*] /Ntotal	40,48	5,95	68,20
NIDA [*] /Ntotal	13,28	10,99	85,61
Extrato Etéreo	1,41	3,75	2,11
Energia Bruta	3,93	4,73	3,82
DIVMS [*]	58,00	89,14	34,00
NDT [*]	57,74	83,55	37,69

*MN=matéria natural; NIDN=nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA= nitrogênio insolúvel em detergente ácido; DIVMS= digestibilidade *in vitro* da matéria seca; NDT=nutrientes digestíveis totais, estimados segundo Capelle *et al.* (2001).

Tabela 10- Proporção dos ingredientes (%) com base na matéria seca e composição bromatológica das dietas experimentais contendo níveis crescentes do coproduto de cacau.

Ingredientes	Dietas experimentais			
	Zero	8	16	24
	Composição percentual			
Feno de capim Tifton 85	79,00	71,00	62,00	53,00
Fubá de Milho	18,00	18,00	19,00	20,00
Coproduto cacau	0,00	8,00	16,00	24,00
Uréia + sulfato de amônia	1,00	1,00	1,00	1,00
Suplemento Vitamínico/Mineral	2,00	2,00	2,00	2,00
Total	100	100	100	100
	Composição Bromatológica das dietas			
Matéria Seca	87,04	82,12	77,17	72,22
Matéria Mineral	5,00	5,49	5,91	6,32
Proteína Bruta	9,70	9,80	10,00	10,10
Fibra Detergente Neutro	64,24	64,15	63,39	62,61
Fibra em Detergente Ácido	32,01	33,68	34,98	36,28
Carboidratos Totais	83,41	82,76	82,12	81,47
Carboidratos Não Fibrosos	26,10	25,69	25,93	26,17
Lignina	2,52	4,58	6,58	8,60
Extrato Etéreo	1,57	1,84	1,92	2,00
Energia Bruta ¹	3,95	3,93	3,89	3,85
NDT* (%)	65,72	61,24	64,13	57,23
NIDN*	0,36	0,39	0,43	0,46
NIDN/N Total	33,34	35,53	37,38	39,22
NIDA*	0,19	0,27	0,35	0,43
NIDA/N Total	15,81	21,60	27,54	33,49

*NDT=nutrientes digestíveis totais; NIDN=nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA= nitrogênio insolúvel em detergente ácido.

O consumo foi medido por meio de pesagem do oferecido e das sobras (nutriente oferecido (MS) - nutriente sobras (MS)), efetuando-se ainda, amostragem dos alimentos fornecidos e das sobras, por tratamento e por animal. As fezes no piso de cada baia foram coletadas e pesadas duas vezes ao dia. Após a pesagem e homogeneização foram retiradas subamostras de aproximadamente 10% do total de cada coleta, acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e mantidas em congelador a -10°C. Ao final do ensaio, estas sub amostras, referentes a cada animal, foram reunidas em uma amostra composta por animal para posteriores análises.

A coleta de urina *spot* foi efetuada no último dia do período de coleta, quatro horas após o fornecimento da alimentação, durante micção espontânea. A urina foi acondicionada

em recipiente com capacidade de 100 mL e congelada a -20°C para posteriores análises de creatinina, visando à estimativa do volume urinário. A estimativa da concentração de creatinina na urina foi realizada usando-se kits comerciais (Labtest). A partir da excreção média diária de creatinina, obtida no experimento em mg/kg PV/dia, e da concentração de creatinina (mg/L) na amostra *spot* de urina, foi estimado o volume diário de urina.

Para mensuração do comportamento ingestivo, os animais foram submetidos à observação por quatro pessoas treinadas, em sistema de revezamento, posicionadas de maneira a não incomodar os animais. O comportamento ingestivo foi realizado durante o período de 24 horas, com observações de 10 em 10 minutos sendo as variáveis comportamentais: Ócio (O), Ruminação (R) e Ingestão (I) e Mastigação (M). A observação noturna dos animais foi realizada mediante o uso de iluminação artificial de lâmpadas incandescentes. O galpão foi mantido com iluminação artificial no período da noite, durante 1/3 do período experimental.

Para os parâmetros referentes ao comportamento ingestivo foram utilizadas as relações, propostas por Burguer *et al.* (2000): $TMT = TAL + TRU$; $ERUMS = CMS/TRU$; $EALMS = CMS/TAL$; $ERUFND = CFND/TRU$, em que TMT (h/dia) é o tempo de mastigação total; TAL (h/dia), o tempo gasto em alimentação; TRU (h/dia), o tempo de ruminação; ERUMS (gMS/h) é a eficiência de ruminação da matéria seca; CMS (Kg/dia), é o consumo de matéria seca; EAL (gMS/h) é a eficiência de alimentação da matéria seca; ERUFND (gFDN/h) é a eficiência de ruminação da fibra em detergente neutro.

As amostras de alimentos, sobras e fezes foram descongeladas, homogeneizadas e pré-secas em estufa sob ventilação forçada a 55°C, por 72 horas, moídas em moinho tipo Willey, com peneira de malha de 1mm e armazenadas em potes para realização de análise laboratoriais.

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, em Belo Horizonte/MG. Os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), foram determinados conforme metodologia recomendada por Silva e Queiroz (2002), e Detmann *et al.* (2012). A fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina das amostras foram determinados pelo método sequencial descrito por Van Soest *et al.* (1991) utilizando equipamento Ankon fiber Analyzer. As análises de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) segundo a metodologia descrita por Van Soest *et al.* (1991). Os valores de PIDA foram determinados pela fórmula: $PIDA = NIDA * 6,25$; Os carboidratos totais (CT) foram obtidos segundo Sniffen *et al.* (1992), através

da equação $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinzas)$. Para o cálculo dos nutrientes digestíveis totais (NDT), utilizou-se equação proposta por Weiss (1999): $NDT = [PBD + CNFD + FDNcpD + (EED * 2,25)]$, onde PBD; CNFD; FDNcpD e EED significam, respectivamente, consumos de PB, CNF, FDN e EE digestíveis, com a FDN corrigida para cinza e proteína. Para estimativa dos carboidratos não fibrosos (CNF), foi adotada a equação preconizada por Hall (2000) para alimentos que contêm uréia, em razão da sua presença na dieta oferecida: $CNF = 100 - [(\%PB - (\%PB \text{ uréia} + \%uréia)) + \%FDNcp + \%EE + \%cinzas]$, em que PB uréia e FDNcp significam, respectivamente, proteína bruta advinda da uréia e fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína. Para a estimativa dos nutrientes digestíveis totais (NDT) dos alimentos isoladamente foram utilizadas equações propostas por Cappelle *et al.* (2001) para alimentos volumosos: $NDT = 10,43 + 0,8019 \times DMS$ ($r^2=0,89$; $P<0,01$) e concentrados: $NDT = 9,6134 + 0,8294 \times DMS$ ($r^2=0,98$; $P<0,01$), onde DMS=digestibilidade aparente da matéria seca;

Os coeficientes de digestibilidade aparente foram determinados a partir dos dados de consumo e produção fecal. As digestibilidades aparentes dos nutrientes (MS, PB, EE, FDN, FDA e CHT) foram obtidas conforme Silva e Leão (1979), segundo a fórmula:

Digestibilidade aparente (%) = $((\text{consumido} - \text{excretado nas fezes}) \times 100) / \text{consumido}$.

A análise de energia bruta das amostras de fornecido, sobras, fezes e urina foi determinada por meio de calorímetro adiabático, tipo PARR 2081. As amostras de urina foram previamente desidratadas em copos descartáveis para possibilitar sua combustão, e os valores encontrados foram subtraídos do valor da energia bruta dos recipientes plásticos vazios determinados anteriormente. Para o cálculo da energia metabolizável (EM) utilizou-se a fórmula de Blaxter e Clapperton (1965), na qual a Energia Digestível é igual a Energia Bruta (EB) ingerida menos a EB excretada nas fezes, e a EM é igual a ED menos a EB da urina mais os gases. A produção de metano foi estimada pela seguinte equação: $Cm = 0,67 + 0,062D$, onde Cm = produção de metano em Kcal/100Kcal de energia consumida e D = digestibilidade aparente da EB do alimento.

Foi determinado também o balanço de nitrogênio (BN), obtendo-se o nitrogênio absorvido em grama por dia (g/d). Para os cálculos de nitrogênio absorvido foram utilizados os valores de nitrogênio (N) consumido, nitrogênio fecal e nitrogênio urinário, por meio das equações:

$$(1) N \text{ absorvido} = N \text{ consumido} - N \text{ fecal}$$

$$(2) N \text{ retido} = N \text{ consumido} - (N \text{ fecal} + N \text{ urinário})$$

Os dados foram submetidos a análises de variância e regressão, em função da inclusão do coproduto do cacau às dietas (0, 8, 16 e 24%), utilizando-se o programa SISVAR (2006). Foram testados diferentes modelos matemáticos (linear e quadrático), para escolha daquele que apresentasse maior significância e maiores coeficientes de regressão. Para a escolha do modelo matemático também foi observado se o mesmo ajustava-se à resposta biológica. As médias foram comparadas utilizando-se o Teste Student-Newman-Keuls, em nível de 5% de probabilidade.

O modelo estatístico utilizado foi: $Y_{ij} = \mu + H_j + e_{ij}$ onde,

Y_{ij} = valor referente à observação da repetição i do tratamento j

μ = média geral

H_j = efeito do tratamento j ($j = 1, 2, 3, 4$)

e_{ij} = erro aleatório associado à observação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 9, observa-se que o coproduto do cacau se caracteriza como alimento altamente fibroso, apresentando elevados teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (78,59; 60,34 e 28,33%) respectivamente, o que pode levar redução do consumo e da digestibilidade dos nutrientes já que a alta concentração de FDN no alimento é correlacionada negativamente com a concentração de energia. A presença de altos níveis de lignina (28,33%) no coproduto do cacau e de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) de 85,61%, pode refletir em uma baixa disponibilidade da proteína (8,25%) para os microrganismos ruminais, devido à dificuldade de acesso imposto por este complexo polifenólico (Van Soest, 1994).

Existem poucas informações sobre o coproduto do cacau e seu uso em dietas para ruminantes. Assim pela composição bromatológica apresentada nesse trabalho, serão feitas algumas considerações relacionando-o a outros coprodutos com características semelhantes. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) do coproduto do cacau foi 34,31%, inferior aos valores encontrados por Valadares Filho *et al.* (2006) de 43,28% para o coproduto do cacau, mas superior ao encontrado por Lousada Junior *et al.* (2006) para o coproduto de goiaba de 32,20%, com características bromatológicas semelhantes.

A quantidade de carboidratos não fibrosos é baixa no coproduto do cacau (7,57%). Esse tipo de carboidrato está associado aos constituintes do conteúdo celular (amidos, ácidos orgânicos, açúcares) e a pectina que é um carboidrato estrutural, porém é classificada como

não fibrosa (Van Soest, 1994). Assim, infere-se que esse tipo de alimento poderá apresentar digestão mais lenta e valores médios a baixos na digestibilidade da matéria seca, como observado nesse experimento. O conteúdo de nutrientes digestíveis totais encontrado (37,69%) revela que este coproduto tem baixo conteúdo energético, valor superior ao bagaço de uva, de 29,56%, e inferior a casca de café, de 47,20% (Valadares Filho *et al.*, 2006), que possuem altos teores de lignina e tanino.

O consumo médio diário dos nutrientes, as equações de regressão e o coeficiente de variação encontram-se na Tabela 11. O consumo de matéria seca (CMS) não foi alterado ($P>0,05$) com as inclusões crescentes do coproduto do cacau, com valores médios variando de 7,35 a 8,41 Kg/dia, apresentando o mesmo comportamento quando expresso em %PV (2,05 a 2,31) e g/UTM (89,21 a 100,78).

Tabela 11- Médias de consumo diário (Kg/dia), % peso vivo (%PV), unidade de tamanho metabólico (UTM), das frações matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE), fibra em detergente neutro (CFDN), fibra em detergente ácido (CFDA), carboidratos não fibrosos (CCNF), carboidratos totais (CCHT), equações de regressão e coeficientes de variação (CV%) em função dos níveis de inclusão de coproduto de cacau fornecido a novilhas leiteiras.

Tratamentos	Consumo Kg/dia				Eq. Reg.	CV	EPM
	0	8	16	24			
CMS	7,35	8,41	8,12	7,65	Y^{NS}	15,67	0,16
CMO	6,97	7,96	7,67	7,20	Y^{NS}	14,72	0,15
CPB	0,75	0,83	0,81	0,79	Y^{NS}	11,24	0,01
CEE	0,14	0,16	0,16	0,16	Y^{NS}	15,80	0,03
CFDN	4,84	5,49	5,29	4,87	Y^{NS}	14,92	0,10
CFDA	2,40	2,80	2,78	2,65	Y^{NS}	15,33	0,05
CCNF	1,47	1,71	1,64	1,62	Y^{NS}	14,16	0,04
CCHT	6,31	7,20	6,93	6,49	Y^{NS}	16,01	0,14
Consumo % PV							
CMS	2,05	2,31	2,21	2,10	Y^{NS}	15,67	0,08
CMO	1,95	2,19	2,09	1,97	Y^{NS}	14,72	0,07
CPB	0,21	0,23	0,22	0,22	Y^{NS}	11,24	0,01
CFDN	1,35	1,51	1,44	1,33	Y^{NS}	14,92	0,05
CFDA	0,67	0,77	0,76	0,73	Y^{NS}	15,33	0,03
CCHT	1,85	1,97	1,75	1,74	Y^{NS}	16,01	0,07
Consumo UTM							
CMS	89,21	100,78	96,87	91,67	Y^{NS}	14,60	2,12
CMO	84,60	95,41	91,45	86,29	Y^{NS}	14,54	3,11
CPB	9,10	9,88	9,67	9,46	Y^{NS}	10,99	0,20
CFDN	58,73	65,86	63,07	58,28	Y^{NS}	14,57	2,16
CFDA	29,15	33,53	33,20	31,79	Y^{NS}	15,01	1,16
CCHT	80,20	85,99	76,61	75,89	Y^{NS}	16,11	3,05

Esse resultado representa um ponto positivo para a inclusão do coproduto do cacau visto que o consumo é peça fundamental para o desempenho, demonstrando assim a possibilidade de uso desse alimento em dietas para novilhas leiteiras, já que o mesmo apresentou boa aceitação e palatabilidade. De acordo com o NRC (2001) a estimativa do CMS para essa categoria animal é de 7,9 Kg de MS/dia, valor semelhante ao encontrado nesse trabalho.

O consumo médio de matéria orgânica (CMO) independente da forma em que foi expresso, não apresentou diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos, com valor de consumo diário expresso em UTM, de 89,44 g/UTM.

Não houve diferença ($P<0,05$) no consumo médio de proteína bruta (CPB) das dietas com inclusão crescente de coproduto do cacau (0,79 Kg/dia). Entretanto, todas apresentaram resultados inferiores ao recomendado pelo NRC (2001) para esta categoria animal (0,95Kg/dia). Segundo Van Soest (1994), os coprodutos geralmente não contribuem com proteína, podendo a presença de ligninas em excesso indisponibilizar a pouca proteína existente e limitar o consumo de matéria seca. Ressalta-se que a dieta controle também não atingiu o ideal estabelecido pelo NRC, portanto os valores apresentados de CPB podem estar associados à dieta e não a substituição do feno de capim Tifton 85 pelo coproduto do cacau. Destaca-se também a ausência de efeito dos níveis de coproduto do cacau sobre o consumo de MS e ao fato de as dietas serem isonitrogenadas.

Os consumos de FDN, FDA e CHT não apresentaram diferença significativa ($P>0,05$), em relação ao incremento do coproduto do cacau às dietas, acompanhando o comportamento apresentado pelo CMS, sendo observados valores médios em Kg/dia de 5,13; 2,65; 6,73 e em UTM de 61,64; 31,92; 79,67g/UTM, respectivamente. Provavelmente a ausência de efeito no consumo das frações fibrosas com a adição crescente do coproduto do cacau às dietas foi devido à composição desses nutrientes nos tratamentos, onde o balanceamento foi feito para que as dietas se mantivessem isofibrosas.

Os consumos de FDN em % de PV variaram de 1,33 a 1,51 %. Segundo Mertens, (1992), o consumo de FDN acima de 1,2% do PV do animal seria um dos principais mecanismos físicos reguladores do consumo de MS. Porém, outros aspectos influenciam as respostas de consumo dos animais, como tamanho de partícula, frequência e efetividade da mastigação, fragilidade das partículas, proporções de FDN indigestível, taxa de fermentação da FDN potencialmente digestível (Allen, 1996). Apesar disso, não foi observada redução do consumo de MS, provavelmente devido aos teores similares de FDN presentes nas dietas experimentais, fato esse que pode ter contribuído para manter o consumo desse nutriente

similar entre os tratamentos. É importante que o teor de FDN não limite a ingestão, para que os animais sejam capazes de consumir quantidades suficientes de MS, atendendo suas necessidades energéticas, e não influenciando negativamente a produção.

Os dados apresentados com relação ao consumo de nutrientes neste ensaio, demonstram o potencial de inclusão do coproduto do cacau em dietas para novilhas leiteiras, haja vista que o mesmo não interferiu negativamente no CMS garantindo a eficiência de produção, apresentando valor nutritivo considerável para utilização em dietas para ruminantes.

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas experimentais estão apresentados na Tabela 12 e Figura 4. Houve diferenças significativas ($P < 0,05$) com a inclusão de coproduto do cacau às dietas, com valores médios de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) de 58,53 e 47,10%, respectivamente, para as dietas controle e com inclusão de 24% do coproduto do cacau. Esses resultados são reflexos da influência negativa dos teores das frações fibrosas, da lignina e possivelmente de taninos presentes no coproduto do cacau, visualizados nos valores de DIVMS aqui apresentados e aos valores de degradabilidade *in situ* da MS apresentados no capítulo II para o coproduto do cacau.

Tabela 12- Médias (%) dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), proteína bruta (DPB), extrato etéreo (DEE), fibra em detergente neutro (DFDN), fibra em detergente ácido (DFDA) e carboidratos fibrosos (DCHT) das dietas contendo quantidades crescentes de coproduto de cacau (0,8,16,24%MS), equações de regressão, coeficiente de variação (CV %) e erro padrão médio (EPM), fornecido a novilhas leiteiras.

Tratamentos	0	8	16	24	Equações	CV	EPM
DMS	58,53a*	56,09a	61,73a	47,10b	Y=*	6,45	2,20
DPB	66,58a	60,05ab	65,09a	50,74b	Y=*	11,77	2,24
DEE	57,06	63,30	65,58	67,35	Y=NS	3,46	2,58
DFDN	55,25a	49,50a	49,03a	37,75b	Y=*	9,73	2,57
DFDA	47,97a	40,02a	41,26a	29,75b	Y=*	10,51	2,94
DCHT	63,27	59,02	60,96	52,16	Y=NS	5,93	1,81

DMS – $Y=47,803+12,356X-3,044X^2$ $r^2=65,97$; DPB – $Y=61,44+5,54X-1,958X^2$ $r^2=68,76$

DFDN – $Y=54,064+1,634X-1,374X^2$ $r^2=92,27$; DFDA – $Y=48,13-0,3656X-0,9881X^2$ $r^2=85,87$

*Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de SNK ($P < 0,05$).

Os valores médios de digestibilidade aparente da proteína bruta (DPB) seguiram a mesma tendência da DMS, reduzindo com a maior porcentagem de inclusão (50,74%) do coproduto do cacau. Os teores de NIDN ou NIDA do cacau afetaram negativamente a DPB, fato que pode ser comprovado com redução da digestibilidade da fibra em detergente ácido (DFDA) com a maior participação do cacau nas dietas. Segundo Van Soest (1994), os teores de NIDA dos alimentos interferem na DPB. Considerando-se os teores de NIDA desse

experimento, (Tabela 10) verifica-se que a inclusão do coproduto do cacau elevou os teores de NIDA, com tendência de redução da DPB com o nível máximo de 24%. A DPB no maior nível de inclusão nesse trabalho apresentou resultado superior (50,74%) daquele encontrado por Rogério (2005) trabalhando com coproduto de goiaba (39,50%). Segundo esse autor, o teor de NIDA alto (21,00%/N total) e o menor teor de proteína bruta desse coproduto (8,50%), contribuíram para esse resultado, fato esse semelhante ao que pode ter ocorrido no presente estudo, onde o NIDA/N total variou de 15,81 a 33,49% e o teor de PB do coproduto do cacau 8,25%.

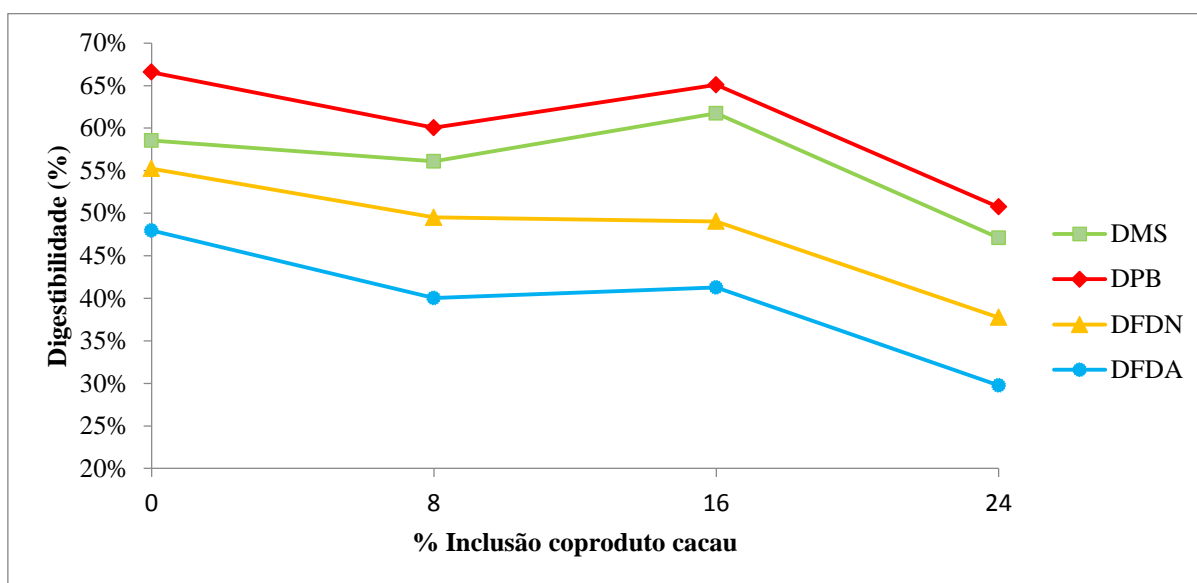


Figura 4- Digestibilidade dos nutrientes com a inclusão de níveis crescentes de coproduto do cacau.

A digestibilidade do estrato etéreo aumentou ($P < 0,05$) com a inclusão crescente do coproduto do cacau, em decorrência do aumento do teor desse nutriente às dietas. A digestibilidade aparente das frações fibrosas (DFDN e DFDA), que variaram de 55,25% a 37,75% e 47,97% a 29,75% respectivamente, sofreram influência ($P < 0,05$) da inclusão do coproduto do cacau às dietas. Como a FDN teve grande participação na composição total das dietas, observa-se uma tendência de redução dos valores de digestibilidade das referidas frações para o maior nível de inclusão do coproduto, o que pode estar relacionado ao maior teor de lignina presente nessa dieta comprovados na composição bromatológica do coproduto de cacau (Tabelas 9 e 10). De acordo com Forbes (1995), a digestibilidade é produto do tempo de retenção ruminal e das características de degradação dos alimentos em estudo. A fração FDA é composta de celulose e lignina, a digestibilidade dos alimentos está relacionada com a esta fração da fibra, uma vez que a lignina (fibra indigestível) representa maior proporção da FDA para o coproduto. Resultados superiores foram encontrados por Rogério

(2005) avaliando a inclusão de teores crescentes de coproduto da acerola em ovinos (0, 12, 29, 43%), onde encontrou valores de DFDN e DFDA de 59 a 47% e 46 a 36%, respectivamente.

Lousada Júnior *et al.* (2006) comparando os coeficientes de DMS dos coprodutos de abacaxi, acerola, goiaba, maracujá e melão fornecidos exclusivamente a ovinos, encontrou menor valor de digestibilidade para os coprodutos de acerola (22,79%) e de goiaba (30,84%) em relação aos demais. Esses baixos valores de DMS das dietas com a inclusão do coproduto do cacau às dietas de novilhas leiteiras demonstram que o uso desse alimento alternativo em sistemas de produção de novilhas leiteiras deve ser visto com cautela, somente sendo recomendada em condições de melhor custo: benefício financeiro ou mesmo escassez de alimentos tradicionais.

O balanço nitrogenado das dietas está apresentado na Tabela 13. A avaliação do balanço nitrogenado é uma ferramenta importante para balanceamento de dietas, pois possibilita a verificação de um possível excesso ou déficit de nitrogênio na dieta dos animais. A importância de se maximizar a produção de proteína microbiana e a produção de ácidos graxos voláteis importantes ao metabolismo energético dos ruminantes advém da capacidade de se fornecer nutrientes adequados para a fermentação ruminal.

Tabela 13- Parâmetros referentes ao balanço nitrogenado, coeficiente de variação (CV%), equações de regressão (Eq. Reg.) e erro padrão médio (EPM), em novilhas alimentadas com níveis crescentes de coproduto do cacau.

Tratamentos	0	8	16	24	CV	Eq. Reg.	EPM
Nitrogênio ingerido (g/dia)	119,73	131,90	129,64	126,20	11,94	Y= ^{NS}	3,58
Nitrogênio fecal (g/dia)	40,47b	52,85ab	44,72ab	61,22a	18,83	Y= [*]	2,93
Nitrogênio absorvido (g/dia)	79,26a	79,04a	84,92a	64,98b	7,30	Y= [*]	3,56
Nitrogênio urinário (g/dia)	20,20	21,61	19,10	18,57	18,97	Y= ^{NS}	0,89
Balanço de Nitrogênio (g/dia)	59,06a	57,43a	65,82a	46,41b	9,12	Y= [*]	3,63
Nret/Ning. (%)	49,30a	43,50a	50,80a	36,70b	10,30	Y= [*]	2,52

*Nitrogênio fecal - $Y=41,43+0,263X+1,029X^2$, $r^2=59,62$; Nitrogênio absorvido - $Y=61,61+21,00X-4,95X^2$, $r^2=76,88$; Balanço de nitrogênio - $Y=42,74+18,809X-4,34X^2$, $r^2=63,25$; Nret/Ning - $Y=43,33+6,62X-1,958X^2$, $r^2=51,77$; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P<0,05$). Nret=nitrogênio retido; Ning=nitrogênio ingerido.

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para a quantidade de nitrogênio ingerida pelos animais com a inclusão crescente do coproduto do cacau às dietas. As dietas foram formuladas para serem isoproteicas, fato que justifica esse resultado. A quantidade de nitrogênio excretado nas fezes foi linearmente maior ($P<0,05$) para a dieta contendo maior

inclusão do coproduto do cacau. Esse resultado pode ser devido à reduzida quantidade de carboidratos fermentáveis e alto teor de lignina presentes nessa dieta, pois embora os teores de nitrogênio entre as dietas sejam semelhantes à disponibilidade dos mesmos são diferentes visto que o NIDN e NIDA do coproduto do cacau e do feno de capim Tifton 85 podem ter influenciado negativamente no sincronismo proteína e energia ruminal. Os valores de NDT apresentados para dieta com maior inclusão de coproduto do cacau foram menores, contribuindo para esse fato (Tabela 10). Van Soest (1994) afirmou que dietas pobres em carboidratos solúveis e ricas em material lignificado como é o caso deste coproduto, limitam a utilização do nitrogênio por causa do baixo conteúdo energético e a baixa taxa de digestão do carboidrato disponível. Foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) na quantidade de nitrogênio absorvido, balanço de nitrogênio (g/dia) e a eficiência de utilização de nitrogênio (nitrogênio retido/nitrogênio ingerido) (%) com a inclusão crescente de coproduto do cacau, que variou de 84,92 a 64,98 g/dia; 65,82 a 46,41 g/dia e 50,80 a 36,70%, respectivamente, sendo inferiores nas dietas com o maior nível de inclusão do coproduto do cacau.

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) para a digestibilidade da energia bruta e valores de energia metabolizável com a inclusão de coproduto do cacau às dietas (Tabela 14). De acordo com o NRC (2001), os requerimentos de energia metabolizável (E MET) para a categoria animal utilizada nesse trabalho são de (14,70 Mcal/dia), valor alcançado nesse estudo, apenas nos níveis de inclusão de 8 e 16% de coproduto do cacau. A tendência de decréscimo na DIG EB com a inclusão do coproduto do cacau foi observada também com as frações fibrosas, provocando um reflexo negativo na digestibilidade da fibra.

Tabela 14- Consumo médio de energia bruta (CEB), energia bruta digestível (EB DIG), em g/dia, digestibilidade da energia bruta (DIG EB) em %, energia metabolizável (E MET) em Mcal/dia, coeficiente de variação (CV%) e erro padrão médio (EPM) de dietas com inclusão crescente de coproduto do cacau.

Tratamentos	0	8	16	24	CV	EPM
CEB	28,84	32,50	31,30	29,38	15,65	1,13
EB DIG	17,51	18,11	18,31	14,86	21,29	0,89
DIG EB	60,95a*	55,74a	57,95a	50,00b	12,83	1,91
E MET	14,19a	14,81a	15,09a	11,59b	13,64	0,39

*Médias com letras distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de SNK ($P < 0,05$).

A eficiência de utilização da energia e proteína presentes em dietas para ruminantes depende da relação existente entre eles. O incremento da proteína dietética traz benefícios ao consumo alimentar provavelmente porque melhora a efetividade dos processos digestivos e a fermentação microbiana, resultando em maior incorporação de aminoácidos ao metabolismo animal (Bruckental *et al.*, 2000). Dessa forma, é importante considerar a relação proteína

degradável no rúmen e proteína não degradável no rúmen, o perfil de aminoácidos e energia disponíveis ao metabolismo animal e a fermentação microbiana, na formulação de dietas para ruminantes. A literatura recomenda que a eficiência microbiana seja estimada através da relação proteína degradável: energia da dieta, sendo esta 13%NDT. Baseado nisso, observa-se nesse estudo que as dietas com as maiores inclusões de coproduto do cacau (16 e 24%) apresentaram valores inferiores para proteína disponível no rúmen, como pode ser observado na composição proteica das dietas apresentadas na Tabela 10 (PB e NIDA), com valores de proteína disponíveis de (8,52%; 8,12%; 7,82% e 7,32%), quando comparado ao recomendado pelo NRC (2001) de (8,54%; 7,96%; 8,33% e 7,44%) para as dietas com níveis crescentes de coproduto do cacau, respectivamente. Apesar disso, o CMS não foi afetado pela inclusão do coproduto do cacau, provavelmente devido à reciclagem endógena de N. Provavelmente o baixo consumo de E MET com a maior inclusão coproduto do cacau (24%) elevou as perdas de N nas fezes, reduziu a absorção e o balanço de nitrogênio, possivelmente em virtude de ineficiência no processo de síntese de proteína microbiana. Esses resultados podem ser comprovados pelo comportamento das digestibilidades e reafirmados nos balanços proteico e energético.

Os parâmetros do comportamento ingestivo observados neste trabalho em função da inclusão crescente do coproduto do cacau encontram-se na Tabela 15. A probabilidade de o alimento ser ingerido pelo animal depende da ação de fatores que interagem em diferentes situações de alimentação, comportamento animal e meio ambiente (Pereira *et al.*, 2009).

Houve influência dos níveis inclusão do coproduto do cacau ($P < 0,05$) sobre o tempo despendido pelos animais em alimentação (TAL) e ócio (TOC), com menor valor para o TAL, para dieta com 16% de inclusão do coproduto (4,90h/dia) e menor TOC para dieta sem inclusão (8,71h/dia). O menor TAL na dieta com 16% de inclusão de coproduto do cacau pode estar relacionado à maior seletividade dos animais alimentados com a mesma. Já o menor TOC verificado para dieta que não continha o coproduto do cacau, possivelmente foi devido ao fato dos animais gastarem mais tempo mastigando (minutos/dia) com a dieta exclusiva de feno de capim Tifton 85, pois a inclusão do coproduto do cacau, alimento de característica úmida, pode ter contribuído para o maior tempo em ócio das dietas com níveis crescentes desse coproduto.

Os demais parâmetros referentes ao comportamento ingestivo não foram influenciados pela inclusão do coproduto do cacau às dietas, reflexo do consumo de MS e da composição fibrosa semelhante entre as dietas. De acordo com Mertens (1997), o incremento da quantidade de fibra nas dietas estimula a atividade mastigatória. Em adição, Van Soest

(1994), afirma que o tempo de ruminação é influenciado pela natureza da dieta e parece ser proporcional ao teor de parede celular dos volumosos. O mesmo autor relata que animais confinados gastam em torno de 1h consumindo alimentos ricos em energia ou até mais de 6h para fontes com baixo teor de energia e alto em fibra. Alimentos concentrados e fenos finamente triturados ou peletizados reduzem o tempo de ruminação, enquanto volumosos com alto teor de parede celular tendem a elevar o tempo de ruminação. No presente estudo, as dietas experimentais foram calculadas para serem isofibrosas, contribuindo, dessa forma, com a manutenção da atividade ruminal dentro de parâmetros considerados normais. Além do mais, a substituição de parte do volumoso por um coproduto com características fibrosas semelhantes pode ter contribuído em não alterar o consumo e alguns parâmetros do comportamento ingestivo.

Os resultados encontrados nesse trabalho para os parâmetros referentes ao comportamento ingestivo foram semelhantes aos de alguns autores que trabalharam com bovinos confinados (Mendonça *et al.*, 2004; Oliveira *et al.*, 2007), que encontraram tempos de $4,6 \pm 55,8$ h/dia; $8,03 \pm 43,8$ h/dia e $10,1 \pm 126$ h/dia, para as atividades de ingestão, ruminação e ócio, respectivamente.

Tabela 15- Tempo despendido com alimentação (TAL), ócio (TOC), ruminação (TRU), outras atividades (OA) e mastigação total (TMT), eficiência de alimentação da matéria seca (EAL), ruminação da matéria seca (ERU MS), fibra em detergente neutro (ERUFND) e respectivos coeficientes de variação (CV%) e erro padrão médio (EPM), em novilhas leiteiras alimentadas com inclusões crescentes de coproduto de cacau (0, 8, 16, 24% MS).

Tratamentos	0	8	16	24	CV	EPM
TAL (h/dia)	6,29a	5,50a	4,90b	5,33a	7,66	0,27
TOC (h/dia)	8,71b	9,58ab	10,10a	9,83a	5,86	0,43
TRU (h/dia)	8,42	8,38	8,63	8,21	15,30	0,29
O Ativ (h/dia)	0,58	0,54	0,38	0,63	56,73	0,07
TMT (h/dia)	14,71	13,90	13,10	13,50	13,75	0,45
EAL MS(gMS/h)	1,20	1,53	1,87	1,52	24,78	0,34
ERU MS (gMS/h)	0,89	1,04	0,95	0,94	21,89	0,07
ERU FDN (g FDN/h)	0,59	0,68	0,62	0,60	21,44	0,08

*Médias com letras distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de SNK (P<0,05)

Pereira *et al.* (2007) avaliando a taxa de passagem de partículas do volumoso e o comportamento ingestivo de novilhas leiteiras de três grupos genéticos alimentadas com dietas com dois níveis (30 e 60%) de fibra em detergente neutro (FDN), utilizando-se como volumoso o capim-elefante, concluíram que novilhas alimentadas com dietas contendo 60% de FDN despendem mais tempo com alimentação e ruminação, apresentam maior taxa de

ruminação/ kg de FDN e maior tempo de mastigação por dia em comparação às dietas alimentadas com dietas contendo 30% de FDN. Teores semelhantes de FDN nas dietas do presente estudo podem explicar a não diferença das atividades de ruminação e eficiências de alimentação e ruminação entre os tratamentos.

CONCLUSÕES

O consumo dos nutrientes não foi alterado com a inclusão crescente de coproduto do cacau às dietas de novilhas leiteiras.

Verificou-se que as digestibilidades aparente da matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e ácido foram reduzidas com o maior nível de inclusão do coproduto do cacau.

A perda de nitrogênio nas fezes foi maior e o balanço de nitrogênio, nitrogênio absorvido e eficiência de uso do nitrogênio foram menores para dieta com 24% de inclusão do coproduto do cacau.

A digestibilidade da energia bruta e a energia metabolizável foram menores para dieta com nível máximo de inclusão do coproduto do cacau.

O coproduto do cacau pode ser utilizado até o nível 16% de inclusão em substituição ao feno de capim Tifton 85, em dietas para novilhas leiteiras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, v.74, n.12, p.3063-3075, 1996.

BLAXTER, K.L.; CLAPPERTON, J.L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *British Journal of Nutrition*, v.19, n.1, p.511-522. 1965.

BRUCKENTAL, I., HOLTZMAN, M., KAIM, M. *et al.* Effect of amount of undegradable crude protein in the diets of high-yielding dairy cows on energy balance and reproduction. *Livestock Production Science*, v.63, p.131-140, 2000.

BURGUER, P.J.; PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C. *et al.* Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n.1, p. 236-242, 2000.

- CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.V.; SILVA, J.F.C. *et al.* Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.
- DADO, R.G.; ALLEN, M.S. Intake limitations, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. *Journal of Dairy Science*, v.78, n.1, p.118-133, 1995.
- DETMANN, E. SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C. *et al.* *Métodos para análises de alimentos*: INCT - Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012, 214p.
- FORBES, J.M. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Wallingford: CAB International, 1995. 532p.
- FORBES, J.M. *Voluntary feed intake*. In: FORBES, J.M., FRANCE, J.(Eds.) *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Cambridge: University Press, 2007.
- HALL, M.B. *Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen*. University of Florida, 2000. p.A-25 (Bulletin 339, april, 2000).
- LOUSADA JUNIOR, J. E.; COSTA, J. M. C.; NEIVA, J. N. M.; *et al.* Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 37, n.1, p. 70-76, 2006.
- McMENIMAN, J.P.; DEFOOR, P.J.; GALYEAN. Evaluation of the national research council (1996) dry matter intake prediction equations and relationships between intake and performance by feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, v.87, p.1138-1146, 2009.
- 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, n.3, p. 723-728, 2004.
- MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulações de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. *Anais...* Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.188-211, 1992.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. Washington D.C.: National Academy of Sciences, 2001. 381p.

OLIVEIRA, A.S., CAMPOS, J.M.S., VALADARES FILHO, S.C. *et al.* Substituição do milho pela casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras: comportamento ingestivo, concentração de nitrogênio uréico no plasma e no leite, balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.1, p. 205-215, 2007.

PEDROSO, A.M.; SANTOS, F.A.P.; BITTAR, C.M.M. Substituição do milho em grão por farelo de glúten de milho na ração de vacas em lactação em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.8, p.1614-1619, 2009.

PEREIRA, J.C.; CUNHA, D.N.F.V.; CECON, P.R. *et al.* Comportamento ingestivo e taxa de passagem de partículas em novilhas leiteiras de diferentes grupos genéticos submetidas a dietas com diferentes níveis de fibra. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.6, p.2134-2142, 2007.

PEREIRA, E.S., MIZUBUTI, I.Y., RIBEIRO, E.L.A. *et al.* Consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes e comportamento ingestivo de bovinos da raça Holandesa alimentados com dietas contendo feno de capim Tifton 85 com diversos tamanhos de partícula. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n.1, p. 190-195, 2009.

ROGÉRIO, M.C.P. *Valor Nutritivo de Subprodutos de Frutas para Ovinos*. Belo Horizonte-MG: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 318f Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária -UFMG, Belo Horizonte/MG.

SILVA, J.F.C; LEÃO, M.I. *Fundamentos da Nutrição dos Ruminantes*. Piracicaba,SP: Livrocere, 1979. 384 p.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SNIFFEN, C.J; O'CONNOR, J.D.; van SOEST, P.J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.

SISVAR – *Programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos* (versão 5.1). UFLA, 2006.

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., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.74, n.10, p. 3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61, 1999, Ithaca. *Proceedings...* Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.

CAPÍTULO IV - INCLUSÃO DO COPRODUTO DO CACAU EM DIETAS PARA NOVILHAS LEITEIRAS: USO DE INDICADORES EXTERNOS E INTERNOS NA ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO FECAL E DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES

Resumo: Objetivou-se avaliar os indicadores externos óxido crômico (Cr_2O_3), dióxido de titânio (TiO_2), LIPE® e NANOLIPE®, bem como os indicadores internos Matéria Seca Indigestível (MSi), Fibra em Detergente Neutro Indigestível (FDNi) e Fibra em Detergente Ácido Indigestível (FDAi) em dietas com inclusão de coproduto do cacau para novilhas leiteiras, na estimativa da produção fecal e digestibilidade dos nutrientes. Dezesesseis novilhas mestiças Holandês X Zebu, peso vivo médio ($363,00 \pm 27,70\text{Kg}$), foram distribuídas num delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 4 repetições, perfazendo 16 observações. As dietas oferecidas se diferenciavam quanto à substituição do feno de capim Tifton 85 (*Cynodon sp*) pelo coproduto do cacau (zero, 8, 16, 24% da MS) ofertadas em refeições iguais, oferecidas às 7horas e 16horas. Houve diferença ($P < 0,05$) na digestibilidade dos nutrientes e na produção fecal com os indicadores utilizados. Os indicadores óxido crômico, LIPE®, NANOLIPE® e FDNi estimaram com precisão a digestibilidade dos nutrientes e a produção fecal. Os indicadores dióxido de titânio, MSi e a FDAi foram ineficientes para estimar esses parâmetros.

Palavras chave: produção fecal, coleta total, feno

CHAPTER IV - COCOA BY-PRODUCT INCLUSION IN DIETS FOR DAIRY HEIFERS: USE OF EXTERNAL AND INTERNAL MARKERS TO ESTIMATE FECAL PRODUCTION AND NUTRIENT DIGESTIBILITY

Abstract: We aimed to evaluate the external chromium oxide (Cr_2O_3), titanium dioxide (TiO_2), and LIPE® NANOLIPE® as well as the internal markers indigestible Dry Matter (iDM), indigestible neutral detergent fiber in (iNDF) and Fiber Detergent acid indigestible (iADF) in diets with inclusion of cocoa by-product for dairy heifers on the estimation of fecal output and nutrient digestibility. Sixteen crossbred heifers Holstein x Zebu, average weight ($363.00 \pm 27.70\text{Kg}$), were distributed in a completely randomized design with four treatments and four replications. The diets offered contained 0, 8, 16, 24% cocoa by-product in place of Tifton 85 hay. Diets were fed at 0700 and 1600h. There were differences on digestibility, and fecal output with the markers used ($P < 0.05$). Chromium oxide, LIPE®, NANOLIPE® and indigestible neutral detergent fiber markers accurately estimated the digestibility of nutrients and fecal production. The titanium dioxide, indigestible dry matter and indigestible neutral

detergent fiber markers were inefficient to estimate those parameters.

Keywords: fecal output, total collection, hay

INTRODUÇÃO

Os indicadores de consumo e digestibilidade têm sido utilizados como ferramenta experimental por muitos anos (Merchen, 1993) e um amplo número de substâncias avaliadas como indicadores para estudar a função digestiva em ruminantes. O indicador pode ser interno, quando está presente naturalmente no alimento ou externo, quando é adicionado na ração ou administrado oral ou intraruminalmente (Zeoula *et al.*, 2002).

A vantagem do uso de indicadores em estudos de digestibilidade, é que a coleta total das fezes é substituída por uma amostragem aleatória minimizando os custos e a mão-de-obra, especialmente em estudos com grandes animais. Para se conhecer a confiabilidade de um indicador é necessário que sejam feitos ensaios de digestibilidade comparando os resultados estimados pelo indicador com aqueles obtidos pela coleta total de fezes, que é a técnica padrão (Moraes, 2007).

Os indicadores externos e internos de digestibilidade têm apresentado vantagens se comparado a tradicional técnica de coleta total de fezes, mas os resultados variados na literatura, seja com relação à técnica de análise ou a recuperação fecal, levam ao comprometimento da precisão e exatidão das estimativas de digestibilidade (Berchielli *et al.*, 2000).

Diante disso, objetivou-se avaliar a eficácia dos indicadores externos (óxido crômico, dióxido de titânio, LIPE® e NANOLIPE®) e internos (matéria seca indigestível, fibra em detergente neutro indigestível e fibra em detergente ácido indigestível) na estimativa de produção fecal e digestibilidade dos nutrientes em dietas a base de feno de capim Tifton 85 e níveis crescentes de inclusão do coproduto do cacau para novilhas leiteiras.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nas dependências da Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal – UFV, localizada em Florestal – MG nos meses de maio a agosto de 2012. Foram utilizadas 16 novilhas mestiças HZ, com peso médio de (363,00 ± 27,70Kg), identificadas, pesadas, vermifugadas e alojadas individualmente em baias de cimento.

As dietas oferecidas foram à base de feno de capim Tifton 85, fubá de milho e

coproduto do cacau, cuja composição bromatológica dos alimentos e teores médios dos nutrientes obtidos para as dietas experimentais estão apresentados nas tabelas anteriormente apresentadas (Cap. 3, Tabelas 9 e 10).

O experimento teve duração de 17 dias, com 12 dias para adaptação às dietas, manejo e instalações e cinco dias para coletas experimentais. A alimentação dos animais foi feita diariamente, dividida em duas refeições, sendo 50% fornecida às 7h e 50% às 16h. As sobras foram colhidas diariamente, pela manhã, pesadas e a quantidade de dieta fornecida foi ajustada para proporcionar entre 10% de sobras. Os alimentos utilizados consistiram de feno de capim Tifton 85, fubá de milho e inclusões crescentes de coproduto do cacau em substituição ao volumoso (0, 8, 16, 24%MS).

Para estimativa da produção fecal foram utilizados os indicadores externos óxido crômico (Cr_2O_3), dióxido de titânio (TiO_2), Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE®), Lignina Purificada e Enriquecida em forma de nanopartículas (NANOLIPE®) e os indicadores internos foram matéria seca indigestível (MSi), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi).

Os indicadores externos óxido crômico e dióxido de titânio foram administrados misturados à dieta, na dosagem de dez gramas por animal, por dia, por um período de adaptação de sete dias e cinco dias de coleta de fezes. Os indicadores externos LIPE® e NANOLIPE® foram administrados por via oral, na forma de cápsulas na dosagem de 500mg/animal, por um período de adaptação de dois dias e cinco dias de coleta total de fezes para o LIPE® e um dia de adaptação e um dia de coleta total de fezes para o NANOLIPE®.

Já os indicadores internos MSi, FDNi e FDAi foram obtidos nas amostras dos alimentos, sobras e fezes que foram acondicionados em sacos de tecido não-tecido (TNT – 100 g/cm^2) com dimensões de $4 \times 5 \text{ cm}$, na proporção de 20 mg de MS/cm^2 de superfície (Nocek, 1988), aproximadamente 1 g de amostra, após moagem em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm e incubadas no rúmen de dois bovinos adultos machos, durante 264 horas conforme sugerido por Casali *et al.* (2008), para a obtenção das frações indigestíveis *in situ*.

Após 264 horas de incubação *in situ*, os saquinhos foram retirados do rúmen e lavados com água corrente, secos em estufa de ventilação forçada, pesados e o resíduo foi utilizado para a determinação da MSi. A FDNi e a FDAi foram determinadas com a lavagem dos saquinhos com solução de detergente neutro e ácido respectivamente, depois secos em estufa e pesados, sendo seu resíduo utilizado para determinação das frações indigestíveis.

A produção fecal (PF) estimada pelos indicadores foi determinada pela seguinte fórmula:

$$\text{PMSF} = \frac{\text{consumo do indicador em (kg)}}{\text{concentração do indicador nas fezes em (\%)} (\text{MS } 105^{\circ}\text{C})}$$

A análise dos indicadores LIPE® e NANOLIFE® foi feita por Espectroscopia no Infravermelho próximo em equipamento FTIV – 800 da Varian, segundo Saliba (1998; 2001) e Saliba *et al.* (2011). O óxido crômico (Cr₂O₃) foi determinado por Espectrofotometria de Absorção Atômica (EAA), segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz, (2002). O teor de dióxido de titânio foi determinado segundo Myers *et al.* (2004), através da Espectroscopia eletrônica molecular, baseada na colorimetria.

Os cálculos dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes pelo método dos indicadores externos e internos foram feitos pela seguinte fórmula:

Digestibilidade (%) = 100 - 100 x (% do indicador no alimento/ % do indicador nas fezes).

Para os cálculos da taxa de recuperação fecal do indicador, utilizou-se a fórmula, descrita a seguir:

$$\text{Taxa de recuperação} = \frac{\text{Produção Fecal pelo indicador} \times 100}{\text{Fecal pela Coleta Total}}$$

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com arranjo em parcelas subdivididas, de modo que nas parcelas constaram os tratamentos (dietas) e nas subparcelas os indicadores.

A análise dos dados foi realizada utilizando-se o programa Sisvar - Programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos (SISVAR, 2006). A produção fecal, bem como os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e a recuperação fecal foram submetidos à análise de variância e regressão sendo as médias comparadas utilizando-se o teste de SNK (P<0,05). O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + b_j + B_k + A_i * B_k + e_{ijkl}$$

Onde: Y_{ijk} = é o valor da variável testada sob o i-ésimo nível da dieta, j-ésimo bloco e k-ésimo nível do indicador

μ = média geral do experimento para a variável

A_i = efeito do i-ésimo nível da dieta

b_j = efeito do j-ésimo bloco estatístico

B_k = efeito do k-ésimo nível do indicador

A_i * B_k = efeito da interação dieta e indicador

e_{ij} = erro aleatório.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de produção fecal (Kg MS/dia) obtidos com a coleta total de fezes e estimados com os indicadores externos óxido crômico (Cr_2O_3), dióxido de titânio (TiO_2), LIPE®, NANOLIPE® e internos, matéria seca indigestível (MSi), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), encontram-se na Tabela 16 a seguir.

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para produção fecal entre os indicadores externos, (óxido crômico, LIPE®, NANOLIPE®) e interno, FDNi, com valores médios de (3,41; 3,34; 3,36 e 3,51; Kg MS fecal/dia), respectivamente, quando comparado à coleta total de fezes 3,58 Kg MS fecal/dia.

Tabela 16- Valores médios de produção fecal (KgMS/dia), equações de regressão, erro padrão médio (EPM) e coeficiente de variação (CV%), obtidos pelo método da coleta total e estimados pelos indicadores externos e internos em novilhas leiteiras.

Inclusão coproduto cacau	0	8	16	24	Média	Eq. reg	EPM
Coleta Total	3,07a	3,86b	3,43a	3,94b	3,58b	$Y=^{NS}$	0,18
Óxido Crômico	2,94a	3,65b	3,68a	3,35b	3,41b	$Y=^*$	0,19
Dióxido de Titânio	2,19b	2,97b	3,45a	2,75c	2,84c	$Y=^*$	0,24
LIPE®	3,16a	3,27b	3,28a	3,63b	3,34b	$Y=^{NS}$	0,10
NANOLIPE®	3,21a	3,22b	3,28a	3,74b	3,36b	$Y=^{NS}$	0,10
MSi	3,21a	4,31a	4,18a	5,25a	4,24a	$Y=^*$	0,23
FDNi	3,07a	3,87b	3,32a	3,77b	3,51b	$Y=^{NS}$	0,13
FDAi	1,39c	1,60c	1,73b	1,85d	1,64c	$Y=^*$	0,10

CV= 15,21%

*Óxido crômico - $Y=2,95+0,11X-0,004X^2$ $r^2=98,38$; Dióxido de Titânio - $Y=2,145+0,163X-0,0656X^2$ $r^2=95,62$
MSi- $Y=3,338+0,074X$ $r^2=86,06$; FDAi- $Y=1,39+0,026X-0,0003X^2$ $r^2=98,46$

*Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de SNK ($P<0,05$).

Influenciaram a ação de alguns dos indicadores, os níveis crescentes de inclusão do coproduto do cacau, sendo que em todos os níveis de inclusão, os indicadores óxido crômico, LIPE®, NANOLIPE® e FDNi foram eficientes em estimar a produção fecal. Avaliando o comportamento dos indicadores em cada nível de inclusão do coproduto do cacau, observa-se que os indicadores dióxido de titânio e MSi apresentaram resultados diferenciados quando comparados a coleta total. O indicador interno FDAi foi ineficiente em estimar a produção fecal em todos os níveis de inclusão de coproduto do cacau avaliados.

O indicador óxido crômico (Cr_2O_3) é o mais empregado em ensaios de consumo e digestibilidade dos nutrientes em dietas para animais, pois os trabalhos de pesquisa com esse indicador são não recentes. Entretanto, os resultados mostram-se variáveis, em decorrência de vários fatores como incompleta mistura com a digesta ruminal e

recuperação fecal, passagem mais rápida pelo rúmen que o material fibroso, possibilidade de acúmulo em alguma parte do trato digestivo e, dificuldades na análise. Apesar disso, alguns autores encontraram resultados satisfatórios para utilização do Cr_2O_3 e recomendaram sua utilização (Oliveira Jr. *et al.*, 2004; Kozloski *et al.*, 2006; Myers *et al.*, 2006; Sampaio *et al.*, 2011). Ferreira *et al.* (2009) e Figueiredo (2011) observaram a eficiência dos indicadores externos LIPE® e óxido crômico em estimar a produção fecal, em ruminantes, com valores próximos a coleta total, semelhante ao encontrado no presente trabalho.

Moraes (2007) e Valentini (2012), relataram que o indicador LIPE® estimou adequadamente a produção fecal quando comparado à coleta total, com taxa de recuperação próxima a 100%. Os resultados positivos apresentados pelo indicador LIPE® em ensaios de consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes permitem seu uso de forma viável, pois apresenta menor período de adaptação dos animais e facilidade de fornecimento, contribuindo para a redução de estresse e alterações do comportamento animal. Da mesma forma, os resultados de produção fecal encontrados para o indicador NANOLIPE®, evidenciam seu potencial frente aos outros indicadores, principalmente em razão de seu reduzido período de adaptação e coleta de fezes.

Para o indicador interno FDNi, os resultados encontrados no presente trabalho estão de acordo com os encontrados por Detmann *et al.* (2007), que trabalhando com ovinos alimentados com feno de capim Coastcross e concentrado, encontraram valores de recuperação completa para FDNi e MSi, demonstrando que tais indicadores apresentaram comportamento ideal para determinar a digestibilidade em ovinos.

Com relação ao dióxido de titânio (TiO_2), os resultados de produção fecal estimados por esse indicador neste trabalho, não estão de acordo com os encontrados por Glidemann *et al.* (2009), que avaliando a produção fecal estimada pelo TiO_2 fornecido duas vezes ao dia em ovinos, encontraram valores de produção fecal e recuperação deste indicador, semelhantes aos dados obtidos com coleta total de fezes. Esses autores também relataram maior recuperação fecal para dietas com feno exclusivo, do que para dietas com feno e concentrado. Relataram ainda, que a excreção fecal é melhorada quando a administração do indicador é feita uma vez ao dia e as coletas de fezes duas vezes ao dia destacando que o comportamento animal e o aumento de trabalho na condução do experimento devem ser considerados em ensaios com animais. No presente trabalho, a coleta de amostras para análise dos indicadores foi feita apenas uma vez ao dia, pela manhã, fato que pode ter contribuído para amostragens com concentração menor de TiO_2 , subestimando dessa

forma, a produção fecal estimada pelo mesmo. Além disso, a variação de excreção entre animais, a forma de administração e o número de doses podem ter contribuído para esse resultado.

Figueiredo (2011), em estudo avaliando a digestibilidade dos nutrientes e a produção fecal estimada com os indicadores Cr_2O_3 , TiO_2 , e NANOLIPE® em ovinos alimentados com feno de capim Tifton 85 ou silagem de sorgo, encontrou que o indicador TiO_2 superestimou a produção fecal (669,24g MSfecal/dia) quando comparado a coleta total de fezes (483,41gMSfecal/dia). Essa autora atribuiu esse resultado a dificuldades inerentes a metodologia de fornecimento utilizada para esse indicador e ao método de determinação do mesmo.

No presente estudo, a produção fecal média foi superestimada pelo indicador MSi, (4,24 Kg MS fecal/dia) e subestimada pelos indicadores dióxido de titânio (TiO_2) e FDAi, com valores de (2,84 e 1,64 Kg MS fecal/dia), respectivamente. Os resultados de superestimativa de produção fecal para indicadores internos podem ser explicados por diversos fatores ou condições experimentais. Segundo Huhtanen *et al.* (1994), a utilização de MSi como indicador pode conter contaminantes e comprometer os resultados obtidos, uma vez que não se utilizam detergentes para limpeza do resíduo pós incubação limitando assim a retirada de microrganismos aderidos, por ação aniônica (Van Soest, 1994; Clipes *et al.*, 2006). Outra possível causa que pode explicar os resultados encontrados para esse indicador no presente trabalho é a possível perda de partículas de fezes pelos poros dos saquinhos de TNT durante a incubação *in situ*, sendo essa fonte de erro relatada em outros ensaios com indicadores internos.

Os trabalhos encontrados na literatura com o uso de indicadores internos em ensaios visando estimar a produção fecal, o consumo e digestibilidade de nutrientes, apresentam variações quanto ao tipo de saco de incubação utilizado (F57, náilon, TNT), tempo de incubação (96h, 144h, 188h, 264h), tamanho de partícula (1 mm, 2 mm, 3 mm, 5 mm), quantidade de amostra incubada (1g, 5g), metodologia utilizada (*in vitro* x *in situ*), etc., de forma que existe a necessidade de padronização desses parâmetros (Senger *et al.*, 2007; Casali *et al.* 2008; Casali *et al.*, 2009; Detman *et al.*, 2012).

Detmann *et al.* (2001), relataram que ao empregar um componente indigestível, presente no alimento, sua concentração fecal (efeito) é função dos diferentes eventos digestivos aos quais a digesta é submetida (causas). Assim, a relação causa/efeito estabelecida é condizente com o ambiente *in vivo*, gerando maior acurácia determinativa quando se utiliza indicadores internos. Já com relação aos resultados apresentados pelo indicador interno

FDAi, Detmann *et al.* (2004) comentaram que a sua menor concentração nas amostras de alimento, sobras e fezes em relação à FDNi, que, segundo os autores, proporciona menor massa residual a ser quantificada em laboratório, tornando mais representativos os erros sistemáticos decorrentes de falhas ou ausência de padronização dos métodos analíticos.

Conforme Berchielli *et al.* (2005), observações divergentes relacionadas aos indicadores internos, em vários estudos, podem ser explicadas por esses indicadores apresentarem comportamento diferenciado de acordo com o volumoso avaliado. Segundo estes autores, em função de como é constituída a porção fibrosa de cada volumoso, pode haver diferenças na taxa e extensão de degradação. Em adição, Watanabe *et al.* (2010) afirmaram que a composição da dieta é um dos principais fatores para o sucesso e escolha do indicador interno mais adequado para a estimativa da digestibilidade em dietas para animais e concluíram que, muito provavelmente, os carboidratos não fibrosos sejam as maiores fontes de interferentes.

Valentini (2012) avaliou a produção fecal (PF) de novilhas de três grupos raciais, Holandês, F1 (½ Holandês x Gir) e Gir, alimentadas com dietas à base de feno de capim Tifton 85 fornecido com concentrado ou de forma exclusiva. Foram utilizados os indicadores externos Cr₂O₃, TiO₂ e LIPE®, e os indicadores internos MSi, FDNi e FDAi. Esse autor relatou que os indicadores internos superestimaram a PF em ambos os experimentos, enquanto os indicadores externos TiO₂ e Cr₂O₃ apresentaram resultados satisfatórios somente quando os animais foram alimentados com de feno de capim Tifton 85 fornecido de forma exclusiva. Esse autor conclui que houve diferença na concentração do indicador nas fezes de acordo com o fluxo de digestão e taxa de passagem dos alimentos no trato digestivo dos animais alimentados com as referidas dietas.

Na Tabela 17 encontram-se os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), proteína bruta (DPB) e fibra em detergente neutro (DFDN), obtidos com a coleta total de fezes e estimados pelos indicadores externos e internos avaliados.

Tabela 17- Valores médios (%) dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), proteína bruta (DPB), fibra em detergente neutro (DFDN), equações de regressão e coeficiente de variação (CV%) das dietas, estimada pelos indicadores externos e internos comparado com a coleta total.

Tratamentos	Estimativa da digestibilidade aparente				Eq. Reg.	EPM
	0	8	16	24		
DMS						
Coleta Total	58,53bc*	56,09b	61,73b	47,10bc	Y= ^{NS}	1,61
Óxido Crômico	60,01bc	56,33bc	54,16bc	56,82bc	Y= ^{NS}	1,91
Dióxido de Titânio	70,55b	64,62b	58,30bc	63,73b	Y= ^{NS}	2,19
LIPE®	56,07c	60,86b	59,52bc	55,86bc	Y= ^{NS}	2,24
NANOLIPE®	55,50c	61,55b	59,34bc	55,28bc	Y= ^{NS}	2,35
MSi	56,30c	48,47c	48,60c	30,25d	Y= [*]	2,62
FDNi	58,23c	53,89bc	58,97bc	49,77c	Y= ^{NS}	1,30
FDAi	80,57a	81,05a	78,74a	75,45a	Y= ^{NS}	1,33
DPB						
Coleta Total	66,58b	60,05bc	65,09b	50,74c	Y= ^{NS}	2,24
Oxido crômico	67,88b	62,15bc	62,78b	59,29bcd	Y= ^{NS}	1,60
Dióxido de Titânio	76,32ab	69,22b	65,78b	65,97b	Y= ^{NS}	2,09
LIPE®	66,06b	66,11bc	64,69b	64,38b	Y= ^{NS}	2,01
NANOLIPE®	63,93b	61,36bc	64,82b	62,16bd	Y= ^{NS}	1,57
MSi	64,79b	55,09c	58,19b	34,46e	Y= [*]	3,13
FDNi	66,37b	59,86bc	66,49b	52,80cd	Y= ^{NS}	1,75
FDAi	84,26a	83,44a	82,59a	76,93a	Y= [*]	1,33
DFDN						
Coleta Total	55,25b	49,50bc	49,03b	37,75c	Y= ^{NS}	1,93
Oxido Crômico	54,71b	49,35bc	45,23b	48,46bc	Y= ^{NS}	2,52
Dióxido de Titânio	66,65ab	59,07bc	50,09b	56,83b	Y= ^{NS}	2,79
LIPE®	51,85b	54,53bc	48,02b	55,06bc	Y= ^{NS}	3,05
NANOLIPE®	48,95b	62,05b	48,27b	52,35bc	Y= ^{NS}	2,25
MSi	50,59b	40,56c	36,68b	17,14bd	Y= [*]	3,28
FDNi	52,75b	46,64bc	51,08b	40,34bc	Y= ^{NS}	1,61
FDAi	78,08a	78,15a	74,66a	70,84a	Y= ^{NS}	1,50

DMS - *MSi - Y=57,61-0,975X r²=82,94 ; CV=19,62%

DPB - *MSi - Y=66,313-1,098X r²=75,15; FDAi - Y= 74,496-0,4312X r²=81,77; CV=14,73%

DFDN - *MSi - Y=52,082-1,278X r²=87,93; CV=15,74%

*Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de SNK (P<0,05).

A DMS, DPB e DFDN foi precisamente estimada pelos indicadores óxido crômico, LIPE®, NANOLIPE® e FDNi quando comparados à digestibilidade aparente desses nutrientes, através da coleta total de fezes, com valores médios de (56,83; 58,08; 57,92; 55,22; 63,03; 65,31; 63,07; 61,38; e 49,44; 52,37; 52,91; 47,70, respectivamente). Paixão *et al.* (2007) em estudo visando avaliar a variação na excreção diária de indicadores internos e

externos em novilhos, também encontraram que comparado a coleta total, o LIPE® e o Cr₂O₃ possibilitaram estimar satisfatoriamente a digestibilidade de todos os nutrientes, não sendo observada diferença entre eles, ou seja, os valores de recuperação fecal foram próximos de 100%.

Titgemeyer *et al.* (2001), conduziram três experimentos com novilhos, avaliando a acurácia dos indicadores Cr₂O₃ e TiO₂. No primeiro experimento, os animais foram alimentados com dietas a base de feno de pradaria e concentrado e nos demais com dietas à base de milho laminado a seco e farelo de soja e encontraram resultados satisfatórios com o TiO₂ para estimativa da digestibilidade aparentes dos nutrientes somente no primeiro experimento quando comparado à coleta total de fezes; nos demais, os valores foram subestimados.

Os resultados de subestimativa da digestibilidade dos nutrientes apresentados pelos indicadores TiO₂ e FDAi, acompanharam os resultados de superestimativa da produção fecal, e segundo Berchielli *et al.* (2005), a possível perda do indicador ou no processo digestivo ou durante a rotina das análises laboratoriais, geralmente são as causas mais comuns. Rodriguez *et al.* (2006), relataram haver uma possível interação entre as fibras indigestíveis e os indicadores, demonstrando a necessidade de avaliá-los em diferentes dietas, pois este pode ser bom para estimar a digestibilidade e a produção fecal em uma determinada dieta e em outra pode não ser.

As taxas de recuperação fecal dos indicadores em relação ao método direto de coleta total encontram-se na Tabela 18. Essas taxas foram calculadas a partir dos valores de produção fecal, estimados através do uso de indicadores externos e internos e obtidos pelo método de coleta total de fezes, que foi considerada como 100% de recuperação.

Tabela 18- Recuperação fecal média dos indicadores externos óxido crômico (Cr₂O₃), dióxido de titânio (TiO₂), LIPE®, NANOLIPE®, internos, matéria seca indigestível (MSi), fibra em detergente neutro (FDNi) e ácido (FDAi) indigestíveis, comparados com a coleta total de fezes (100%) e coeficiente de variação (CV%).

Coleta Total	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	LIPE®	NANOLIPE®	MSi	FDNi	FDAi
100,00b	95,24b*	79,44c	93,30b	94,06b	118,45a	98,11b	46,00d

*Letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de SNK (P<0,05). CV=16,94%.

Houve diferença (P<0,05) na taxa de recuperação fecal para os indicadores avaliados, sendo em média 95,24; 93,30; 94,06 e 98,11% para os indicadores óxido crômico, LIPE®, NANOLIPE® e fibra em detergente neutro indigestível que não diferiram da coleta total de fezes.

Zeoula *et al.* (2002), em estudos visando determinar a recuperação fecal de quatro indicadores internos: cinza insolúvel em ácido (CIA), cinza insolúvel em detergente ácido

(CIDA), FDAi e FDNi, a DAMS e a digestibilidade aparente da matéria orgânica (DAMO), relataram que a utilização da CIA e da FDNi para estimar a produção fecal, não diferiu de 100% e, portanto, foi semelhante àquela obtida pela coleta total de fezes. Entretanto, os indicadores CIDA e FDAi superestimaram a produção fecal, subestimando a digestibilidade da MS e MO. Segundo Lippke *et al.* (1986), boa parte da variabilidade dos resultados obtidos com indicadores internos indigestíveis pode ser atribuída à falta de padronização no método de determinação. Entretanto, indicaram que a FDNi pode ser determinada com boa precisão e tem potencial como indicador para volumosos.

CONCLUSÕES

Os indicadores externos óxido crômico (Cr_2O_3), LIPE® e NANOLIPE®, e interno, fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), estimaram com precisão a digestibilidade dos nutrientes e a produção fecal quando comparados com a coleta total de fezes.

Os indicadores dióxido de titânio (TiO_2) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) subestimaram a produção fecal e superestimaram a digestibilidade dos nutrientes.

O indicador interno matéria seca indigestível (MSi) superestimou produção fecal e subestimou a digestibilidade dos nutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BERCHIELLI, T.T.; OLIVEIRA, S.G.; CARRILHO, E.N.V.M. *et al.* Comparação de marcadores para estimativas de produção fecal e de fluxo de digesta em bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.3, p.987-996, 2005.

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.

CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. *et al.* Estimação de teores de componentes fibrosos em alimentos para ruminantes em sacos de diferentes tecidos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.1, p.130-138, 2009.

CLIPES, R.C.; DETMANN, E.; COELHO DA SILVA, J.F. *et al.* Evaluation of acid detergent insoluble protein as an estimator of rumen non-degradable protein in tropical grass forages. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.58, p.694-697, 2006.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T. *et al.* Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.5, p.1600-1609, 2001.

DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S. *et al.* Validação de equações preditivas da fração indigestível da fibra em detergente neutro em gramíneas tropicais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.1866-1875, 2004.

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

DETMANN, E. SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C. *et al.* *Métodos para análises de alimentos*: INCT - Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012, 214p.

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.

FIGUEIREDO, M.R.P. – *Indicadores externos de digestibilidade aparente em ovinos*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2011. 86f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária - UFMG, Belo Horizonte-MG, 2011.

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*, v.152, p.186-197, 2009.

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

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

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.

MERCHEN, N.R. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: CHURCH, D.C. (Ed.) *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. 4.ed. Carvallis: O&B Books. 1993. p.172-201.

MORAES, S.A. – *Subprodutos da agroindústria e indicadores externos de digestibilidade aparente em caprinos*. 2007. 57f. Tese (Doutorado em Ciência Animal). Escola de Veterinária - UFMG, Belo Horizonte – MG, 2007.

MYERS, W.D.; LUDDEN, P.A.; NAYIGIHUGU, V. *et al.* Technical Note: a procedure for the preparation a 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.; NAYIGIHUGU, V. *et al.* Excretion patterns of titanium dioxide and chromic oxide in duodenal digesta and faeces of ewes. *Small Ruminant Research*, v.63, p.135-141, 2006.

NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility. A review. *Journal of Dairy Science.*, v.71, n.8, p.2051-2069, 1988.

OLIVEIRA JUNIOR, R.C.; PIRES, A.V.; FERNANDES, 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.

PAIXÃO, M. L.; VALADARES FILHO, S. C.; LEÃO, M. I. *et al.* Variação diária na excreção de indicadores interno (FDAi) e externo (Cr₂O₃), 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.

RODRÍGUEZ, N. M.; SALIBA, E. O. S.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Uso de indicadores para a estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: SIMPÓSIO DA 43ª REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 43. João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006, p.263-282.

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, n.1, p.174-182, 2011.

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*. 1998. 251f. (Tese Doutorado em Ciência Animal). Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte-MG, 1998.
- SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M.; MORAIS, S.A.L. *et al* Ligninas – Métodos de obtenção e caracterização química. *Ciência Rural*, v.31, n.5, p.917-928, 2001.
- SALIBA, E. O. S.; BARBOSA, G. S. S. C.; RODRIGUEZ, N. M. *et al*. Utilization of nanotechnology to the development of a marker of fecal output in dairy cattle. In: 8th International Symposium on the Nutrition of Herbivores, *Proceedings...*Cambridge: Advances in Animal Biosciences, v. 3, 2011, p. 263-282.
- SENGER, C. C. D.; MUHLBACH, P. R. F.; SANCHEZ, L. M. B. *et al*. Comparação entre os métodos químico, *in situ* e *in vitro* para estimativa do valor nutritivo de silagens de milho. *Revista Ciência Rural*, vol.37, n.3, p. 835-840, 2007.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SISVAR – *Programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos* (versão 5.1). UFLA, 2006.
- TITGEMEYER, E. C.; AMENDARIZ, C. K.; BINDEL, D. J. *et al*. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker in cattle. *Journal Animal Science* v.79, p.1059-1063, 2001.
- VALENTINI, P.V - *Indicadores de produção fecal de novilhas em diferentes planos de alimentação*. 2012. 59f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Escola de veterinária - UFMG, Belo Horizonte-MG, 2012.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N.; DIAN, P.H.M. *et al*. Recuperação fecal de indicadores internos avaliados em ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.4, p.1865-1874, 2002.
- WATANABE, P. H.; EZEQUIEL, J. M. B.; GALATI, R. L. *et al*. Indicadores internos indigestíveis para a estimativa das digestibilidades de dietas à base de coprodutos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.11, n.3, p.849-857, 2010.

CAPÍTULO V - INCLUSÃO DO COPRODUTO DO MARACUJÁ EM DIETAS PARA NOVILHAS LEITEIRAS: CONSUMO, DIGESTIBILIDADE APARENTE, BALANÇO PROTEICO, ENERGÉTICO E COMPORTAMENTO INGESTIVO ANIMAL.

Resumo: Objetivou-se avaliar a inclusão do coproduto do maracujá (*Passiflora edulis*), em substituição ao feno de capim Tifton 85, sobre o consumo, a digestibilidade dos nutrientes, o balanço proteico e energético e o comportamento ingestivo animal. Dezesesseis novilhas mestiças Holandês x Zebu, peso vivo médio (363,00 Kg \pm 27,70Kg), foram distribuídas aleatoriamente num delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 4 repetições perfazendo 16 observações. As dietas oferecidas se diferenciavam quanto à substituição do feno de capim Tifton 85 (*Cynodon sp*) pelo coproduto do maracujá (zero, 12, 24, 36% da MS) ofertadas em refeições iguais, oferecidas às 7horas e 16horas. Os consumos de proteína bruta e do extrato etéreo (P<0,05) aumentaram com a inclusão do coproduto do maracujá às dietas experimentais. O consumo de nitrogênio, nitrogênio absorvido e excretado na urina dos animais aumentou com a adição de níveis crescentes de coproduto de maracujá às dietas. Não houve alteração no balanço energético e no comportamento ingestivo dos animais. O coproduto do maracujá pode ser incluído em dietas para novilhas leiteiras até o nível de 36% em substituição ao feno de capim Tifton 85 sem prejudicar o desempenho produtivo dos animais.

Palavras chave: alimentação, volumoso, fruta

CHAPTER V – PASSION FRUIT BY-PRODUCT INCLUSION IN DIETS FOR DAIRY HEIFERS: INTAKE, APPARENT DIGESTIBILITY, PROTEIN AND ENERGY BALANCE AND ANIMAL FEEDING BEHAVIOR.

Abstract: We aimed to evaluate the substitution of the passion fruit by-product for forage, on intake, digestibility of nutrients, protein and energy balance and animal feeding behavior. Sixteen crossbred heifers Holstein x Zebu, average weight (363.00 \pm 27.70Kg), were distributed in a completely randomized design with four treatments and four replications. The diets offered contained (0, 12, 24, 36% of DM) passion fruit by-product in place of Tifton 85 hay. Diets were fed at 0700 and 1600h. The intake of crude protein and ether extract increased with the inclusion of passion fruit by-product to the experimental diets (P <0.05). The intake of nitrogen absorbed and nitrogen excreted in the urine of the animals increased with increasing levels of passion fruit by-product the diets. The energy balance and feeding behavior were not altered by the treatments. Adding passion fruit by-product as 36% of a diet

is an acceptable feeding strategy for dairy heifers.

Keywords: feed, forage, fruit

INTRODUÇÃO

O entendimento dos mecanismos que controlam a seleção e ingestão de alimentos e a complexidade do sistema digestivo de ruminantes são de interesse da pesquisa em nutrição animal. A estimativa de consumo dos ruminantes é fundamental para melhorar a precisão da formulação de dietas e a previsão de produção a serem alcançadas, já que a ingestão de matéria seca constitui um dos principais fatores limitantes da produção do sistema, especialmente com forrageiras tropicais, pois estabelece as quantidades de nutrientes disponíveis para a saúde e a nutrição animal (NRC, 2001). Segundo Nocek (1988) para se determinar as quantidades e relações de nutrientes necessários para um ótimo desenvolvimento microbiano e desempenho animal, deve-se estimar corretamente o consumo de nutrientes e sua disponibilidade no rúmen.

O comportamento ingestivo animal pode fornecer resultados importantes sobre a qualidade da dieta fornecida aos animais. As eficiências de alimentação e ruminação são importantes para o controle da utilização de alimentos de baixa digestibilidade, pois o animal pode ruminar maior quantidade de alimentos de baixa qualidade por tempo de ruminação, proporcionando maior consumo de alimentos e melhor desempenho produtivo. Em dietas com alto conteúdo de fibra em detergente neutro, a eficiência de ruminação e mastigação é diminuída, em razão da maior dificuldade em reduzir o tamanho das partículas originadas de materiais ricos em fibra, o que diminui a ingestão de alimento (Dulphy *et al.*, 1980). Portanto a avaliação do mesmo se torna necessária para obter o melhor teor de inclusão.

Objetivou-se com esse trabalho avaliar a influência da inclusão do coproduto do maracujá em substituição ao Feno de capim Tifon 85, sobre o consumo, a digestibilidade dos nutrientes, o balanço proteico, energético e o comportamento ingestivo animal de novilhas leiteiras.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nas dependências da Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal – UFV, localizada em Florestal – MG nos meses de maio a agosto de 2012. Foram utilizadas 16 novilhas mestiças HZ, com peso médio de

(363,00 ± 27,70Kg), identificadas, pesadas, vermifugadas e alojadas individualmente em baias com piso de cimento. Os animais foram distribuídos aleatoriamente num delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 4 repetições, perfazendo 16 observações.

As dietas experimentais utilizadas foram: Tratamento 1: Feno de capim Tifton 85 (*Cynodon sp*) + fubá de milho; Tratamento 2: Feno de capim Tifton 85 (*Cynodon sp*) + fubá de milho + 12% de coproduto do maracujá; Tratamento 3: Feno de capim Tifton 85 (*Cynodon sp*) + fubá de milho + 24% de coproduto do maracujá; Tratamento 4: Feno de capim Tifton 85 (*Cynodon sp*) + fubá de milho + 36% de coproduto do maracujá, além de uréia + sulfato de amônio, suplemento vitamínico/mineral e água *ad libitum*

A composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais, bem como a composição percentual e bromatológica das dietas experimentais encontram-se nas Tabelas 19 e 20, respectivamente.

Tabela 19- Composição química (%) e níveis de energia bruta (Kcal/g) dos ingredientes das dietas fornecidas durante o experimento com base na matéria seca.

Nutrientes	Feno de capim Tifton 85	Fubá de Milho	Coproduto Maracujá
Matéria Seca (%MN)	91,91	87,00	31,00
Matéria Mineral	6,01	1,60	9,71
Proteína Bruta	5,50	9,10	13,55
Fibra Detergente Neutro	79,42	8,30	60,36
Fibra em Detergente Ácido	39,76	3,51	49,27
Carboidratos Totais	85,98	85,90	64,34
Carboidratos não Fibrosos	14,84	86,35	17,78
Lignina	5,08	1,34	21,89
NIDN [*] /N Total	38,64	5,95	14,30
NIDA [*] /N Total	15,91	10,99	10,61
Extrato Etéreo	1,41	3,75	12,40
Energia Bruta	4,01	4,73	4,68
DIVMS	56,70	89,14	53,48
NDT [*]	57,74	83,55	53,32

*MN=matéria natural; NIDN=nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA= nitrogênio insolúvel em detergente ácido; DIVMS= digestibilidade *in vitro* da matéria seca. NDT=nutrientes digestíveis totais, estimados segundo Capelle *et al.* (2001).

Tabela 20- Composição percentual (%), bromatológica e energia bruta média (Kcal/g) das dietas contendo níveis crescentes do coproduto de maracujá com base na matéria seca.

Ingredientes	Dietas experimentais			
	0	12	24	36
	Composição percentual			
Feno de capim Tifton 85	79,00	70,00	56,00	44,00
Fubá de Milho	18,00	15,00	17,00	17,00
Coproduto do Maracujá	0,00	12,00	24,00	36,00
Uréia + sulfato de amônia	1,00	1,00	1,00	1,00
Suplemento Vitamínico/Mineral	2,00	2,00	2,00	2,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
	Composição Bromatológica das dietas			
Matéria Seca	88,27	81,10	73,70	66,39
Matéria Mineral	4,11	4,79	5,31	5,90
Proteína Bruta	9,10	10,00	11,10	12,10
Fibra Detergente Neutro	67,04	66,51	62,64	60,10
Fibra em Detergente Ácido	33,48	35,55	35,70	36,62
Carboidratos não Fibrosos	25,84	24,27	25,97	26,36
Lignina	4,25	6,38	8,33	10,34
NIDN*	0,29	0,28	0,28	0,27
NIDN/N Total	31,76	29,81	27,55	25,28
NIDA*	0,15	0,16	0,17	0,18
NIDA/N Total	15,29	14,86	14,43	14,00
Extrato Etéreo	1,57	2,84	4,23	5,58
Energia Bruta	3,81	3,86	3,91	3,96
NDT*	51,12	54,30	54,09	63,18

*NIDN=nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA= nitrogênio insolúvel em detergente ácido; NDT=nutrientes digestíveis totais.

As dietas foram divididas em duas refeições iguais, oferecidas às 7horas e 16horas. As sobras foram colhidas diariamente pela manhã, pesadas e a quantidade de alimento oferecido baseou-se nesse valor acrescido do necessário para que se mantivesse 10% de sobras.

O coproduto agroindustrial de maracujá (*Passiflora edulis*) utilizado foi obtido da empresa Trop Frutas localizada em Linhares - ES. Era composto por cascas e sementes após extração do suco e foi seco ao sol até atingir teor de umidade adequado para o armazenamento em tambores, para ser fornecido posteriormente aos animais.

O consumo foi medido por meio de pesagem do oferecido e das sobras, efetuando-se ainda, amostragem dos alimentos fornecidos e das sobras, por tratamento e por animal. As fezes no piso de cada baia foram coletadas e pesadas duas vezes ao dia. Após a pesagem e homogeneização foram retiradas subamostras de aproximadamente 10% do total de cada

coleta, acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e mantidas em congelador a -10°C . Ao final do ensaio, estas sub amostras, referentes a cada animal, foram reunidas em uma amostra composta por animal para posteriores análises.

A coleta de urina *spot* foi efetuada no último dia de cada período de coleta, quatro horas após o fornecimento da alimentação, durante micção espontânea. A urina foi acondicionada em recipiente com capacidade de 100 mL. A estimativa da concentração de creatinina na urina foi realizada usando-se kits comerciais (Labtest). A partir da excreção média diária de creatinina, obtida no experimento em mg/kg PV/dia, e da concentração de creatinina (mg/L) na amostra *spot* de urina, foi estimado o volume diário de urina.

Para mensuração do comportamento ingestivo, os animais foram submetidos à observação por quatro pessoas treinadas, em sistema de revezamento, posicionadas de maneira a não incomodar os animais. O comportamento ingestivo foi realizado durante o período de 24 horas, com observações de 10 em 10 minutos sendo as variáveis comportamentais: Ócio (O), Ruminação (R) e Ingestão (I) e Mastigação (M). A média do número de mastigações merísticas por bolo ruminal e o tempo despendido de mastigação merística por bolo ruminal, foram obtidos em três períodos de duas horas, distribuídos nos horários de 9 às 11 horas, 15 às 17 horas e 19 às 21 horas, utilizando-se um cronômetro digital. Para os parâmetros referentes ao comportamento ingestivo foram utilizadas as relações, propostas por Burguer *et al.* (2000): $\text{TMT} = \text{TAL} + \text{TRU}$; $\text{BOL} = \text{TRU}/\text{MMtb}$; $\text{MMnd} = \text{BOL} * \text{MMnb}$; $\text{ERUMS} = \text{CMS}/\text{TRU}$; $\text{EALMS} = \text{CMS}/\text{TAL}$, em que TMT (h/dia) é o tempo de mastigação total; TAL (h/dia), o tempo gasto em alimentação; TRU (h/dia), o tempo de ruminação; BOL (nº/dia), o número de bolos ruminais; MMtb (seg/bolo), tempo de mastigações merísticas por bolo ruminal (Polli *et al.*, 1996) e MMnb (nº/bolo), o número de mastigações merísticas por bolo; EALMS (g MS consumida/h), a eficiência de alimentação; ERUMS (g MS ruminada/h), a eficiência de ruminação e CMS (g), o consumo diário de matéria seca;

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, em Belo Horizonte. As amostras de alimentos, sobras e fezes foram descongeladas em temperatura ambiente, pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas e, posteriormente, moídas em moinho tipo Willey, com peneira de malha de 1mm e armazenadas em potes hermeticamente fechados. Os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), foram determinadas conforme metodologia recomendada por Silva e Queiroz (2002) e Detmann *et al.* (2012). A fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose, hemiceluloses e

lignina das amostras foram determinados pelo método sequencial descrito por Van Soest *et al.* (1991) utilizando equipamento Ankon fiber Analyzer. As análises de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) segundo a metodologia descrita por Van Soest *et al.* (1991). Os valores de PIDA foram determinados pela fórmula: $PIDA = NIDA \times 6,25$; Os carboidratos totais (CT) foram determinados segundo Sniffen *et al.* (1992) de acordo com a equação: $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinzas)$. Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos pela equação: $NDT = PBd + CNFd + FDNcpd + EEd \times 2,25$; sendo PBd, CNFd, FDNcpd e EEd correspondente a: proteína bruta digestível, carboidratos não-fibrosos digestíveis, fibra em detergente neutro corrigido pra cinza e proteína digestível e extrato etéreo digestível, respectivamente, segundo Weiss (1999). Para estimativa dos carboidratos não fibrosos (CNF), foi adotada a equação preconizada por Hall (2000) para alimentos que contêm uréia, em razão da sua presença na dieta oferecida: $CNF = 100 - [(\%PB - (\%PB \text{ uréia} + \%uréia)) + \%FDNcp + \%EE + \%cinzas]$, em que PB uréia e FDNcp significam, respectivamente, proteína bruta advinda da uréia e fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína. Para a estimativa dos nutrientes digestíveis totais (NDT) dos alimentos isoladamente foram utilizadas equações propostas por Cappelle *et al.* (2001) para alimentos volumosos: $NDT = 10,43 + 0,8019 \times DMS$ ($r^2=0,89$; $P<0,01$) e concentrados: $NDT = 9,6134 + 0,8294 \times DMS$ ($r^2=0,98$; $P<0,01$);

Os coeficientes de digestibilidade aparente foram determinados a partir dos dados de consumo e produção fecal. As digestibilidades aparentes dos nutrientes (MS, PB, EE, FDN, FDA e CHT) foram obtidas conforme Silva e Leão (1979), segundo a fórmula:

Digestibilidade aparente (%) = $((\text{consumido} - \text{excretado nas fezes}) \times 100) / \text{consumido}$.

A análise de energia bruta das amostras de fornecido, sobras, fezes e urina foi determinada por meio de calorímetro adiabático, tipo PARR 2081. As amostras de urina foram previamente desidratadas em copos descartáveis para possibilitar sua combustão, e os valores encontrados foram subtraídos do valor da energia bruta dos recipientes plásticos vazios determinados anteriormente. Para o cálculo da energia metabolizável (EM) utilizou-se a fórmula de Blaxter e Clapperton (1965), na qual a Energia Digestível é igual a Energia Bruta (EB) ingerida menos a EB excretada nas fezes, e a EM é igual a ED menos a EB da urina mais os gases. A produção de metano foi estimada pela seguinte equação: $C_m = 0,67 + 0,062D$, onde C_m = produção de metano em Kcal/100Kcal de energia consumida e D = digestibilidade aparente da EB do alimento.

Foi determinado também o balanço de nitrogênio (BN), obtendo-se o nitrogênio absorvido em grama por dia (g/d) e o nitrogênio retido em grama por dia. Para os cálculos de

nitrogênio absorvido e nitrogênio retido, foram utilizados os valores de nitrogênio (N) consumido, nitrogênio fecal e nitrogênio urinário, por meio das equações:

$$(1) N \text{ absorvido} = N \text{ consumido} - N \text{ fecal}$$

$$(2) N \text{ retido} = N \text{ consumido} - (N \text{ fecal} + N \text{ urinário})$$

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições por tratamento. Os dados foram submetidos às análises de variância e regressão, em função da inclusão do coproduto do cacau às dietas (0, 8, 16 e 24%), utilizando-se o programa SISVAR (2006). Foram testados diferentes modelos matemáticos (linear e quadrático), para escolha daquele que apresentasse maior significância e maiores coeficientes de regressão. Para a escolha do modelo matemático também foi observado se o mesmo ajustava-se à resposta biológica. As médias foram comparadas utilizando-se o Teste Student-Newman-Keuls, em nível de 5% de probabilidade.

O modelo estatístico utilizado foi: $Y_{ij} = \mu + H_j + e_{ij}$ onde,

Y_{ij} = valor referente à observação da repetição i do tratamento j

μ = média geral

H_j = efeito do tratamento j ($j = 1, 2, 3, 4$)

e_{ij} = erro aleatório associado à observação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a composição bromatológica do coproduto do maracujá (Tabela 19), observa-se que o mesmo apresenta nutrientes que o caracterizam como fibroso, com teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina de 60,36; 49,27; 21,89, respectivamente. Atenção especial deve ser dada a esse alto teor de lignina existente nesse coproduto que pode indisponibilizar sobremaneira os carboidratos e proteínas. O alto teor de FDN (60,36%) mostra a possibilidade de uso do coproduto de maracujá como fonte de fibra não forrageira às dietas de ruminantes, ponto positivo para as épocas em que a disponibilidade de forragem é baixa e haja disponibilidade regional do coproduto.

O valor de extrato etéreo (EE) do coproduto do maracujá aqui encontrado foi de 12,4% (Tabela 19), superior ao encontrado por Rogério (2005) de 7,97%. O valor alto de EE encontrado nas sementes pode viabilizar a utilização do coproduto de maracujá como constituinte energético de dietas para ruminantes. Cuidado especial, entretanto deve ser tomado em relação a essa inclusão para que não ocorram efeitos depletivos da gordura dietética sobre a digestibilidade das frações fibrosas (Devendra e Lewis, 1974). Da

mesma forma, o teor de PB (13,55%), superior à maioria dos volumosos de média qualidade, o teor de NIDA/N total de (10,99%), inferior ao feno de capim Tifton 85 (15,91%), e a degradabilidade da MS e PB, conforme observado anteriormente no Cáp. II desse estudo, qualificam este coproduto, que combinado com a quantidade adequada de carboidratos fermentáveis no rúmen, podem contribuir para o atendimento das exigências dos animais em produção.

O consumo médio dos nutrientes das dietas experimentais contendo níveis crescentes de coproduto do maracujá e as respectivas equações de regressão, coeficientes de variação e erro padrão médio encontram-se nas Tabelas 21 e 22.

Tabela 21- Médias de consumo diário (Kg/dia), % peso vivo (% PV), unidade de tamanho metabólico (UTM/g) das frações matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, carboidratos não fibrosos, carboidratos totais, equações de regressão, coeficiente de variação (CV%) e erro padrão da média (EPM) em função dos níveis de inclusão de coproduto de maracujá fornecidas a novilhas leiteiras.

Tratamentos	Consumo Kg/dia				Equações	CV	EPM
	0	12	24	36			
CMS	7,05	7,84	7,70	7,90	Y= ^{NS}	13,26	0,25
CMO	6,75	7,45	6,67	7,42	Y= ^{NS}	14,04	0,23
CPB	0,66b	0,78ab	0,76ab	0,93a	Y=*	11,82	0,03
CEE	0,11c	0,22b	0,27b	0,43a	Y=*	19,92	0,03
CFDN	4,91	5,38	4,63	4,96	Y= ^{NS}	13,13	0,16
CFDA	2,45	2,86	2,56	2,99	Y= ^{NS}	16,13	0,10
CCNF	1,78	1,87	1,78	1,91	Y= ^{NS}	13,14	0,06
CCHT	6,61	7,19	6,43	6,33	Y= ^{NS}	15,79	0,25
Tratamentos	Consumo % PV				Equações	CV	EPM
	0	12	24	36			
CMS	1,95	2,18	1,96	2,17	Y= ^{NS}	15,93	0,08
CMO	1,85	2,06	1,83	2,04	Y= ^{NS}	16,67	0,08
CPB	0,18b	0,22ab	0,21ab	0,26a	Y=*	14,51	0,01
CEE	0,03c	0,06ab	0,07b	0,12a	Y=*	23,60	0,01
CFDN	1,36	1,50	1,28	1,36	Y= ^{NS}	15,90	0,05
CFDA	0,67	0,77	0,77	0,72	Y= ^{NS}	18,24	0,03
CCHT	1,77	1,99	1,92	1,77	Y= ^{NS}	18,04	0,08
Tratamentos	Consumo UTM				Equações	CV	EPM
	0	12	24	36			
CMS	85,07	94,85	85,22	94,60	Y= ^{NS}	14,86	3,23
CMO	80,45	89,47	79,74	89,25	Y= ^{NS}	15,63	3,26
CPB	7,95c	9,44ab	9,24ab	11,16a	Y=*	13,79	0,41
CEE	1,36c	2,72b	3,36b	5,25a	Y=*	21,14	0,39
CFDN	59,21	65,08	55,91	59,46	Y= ^{NS}	14,76	2,15
CFDA	29,91	33,65	33,55	31,66	Y= ^{NS}	17,21	1,32
CCHT	76,78	86,67	83,52	77,41	Y= ^{NS}	16,98	3,26

*Médias com letras distintas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de SNK (P<0,05)

Tabela 22- Equações de regressão para consumo de extrato etéreo e proteína bruta, em Kg/dia, % peso vivo, unidade de tamanho metabólico (UTM) e coeficiente de determinação (r^2).

Consumo Extrato Etéreo	Equações
Kg/dia	$Y=0,109+0,0085 X r^2=96,31$
%PV	$Y= 0,030+0,0023X r^2= 96,33$
UTM	$Y=1,33+0,102X r^2=96,66$
Consumo Proteína Bruta	Equações
Kg/dia	$Y = 0,66 + 0,0070X r^2=84,94$
%PV	$Y= 0,186+0,0014X+0,00009X^2 r^2=87,87$
UTM	$Y= 8,03+0,07X r^2=85,23$

Os consumos de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), fibra em detergente neutro (CFDN), fibra em detergente ácido (CFDA) e carboidratos totais (CCHT) não foram afetados pela inclusão do coproduto do maracujá ($P>0,05$) às dietas experimentais, com valores médios de 89,94; 84,73; 59,92; 32,19; 81,10g/UTM, respectivamente. Segundo NRC (2001), o CMS em UTM recomendado para essa categoria animal é de 94,60g, valor alcançado apenas para os níveis 12 e 36% de inclusão do coproduto do maracujá. Apesar do menor teor de MS das dietas com a inclusão crescente do coproduto do maracujá, a boa palatabilidade e o menor teor de FDN contribuíram para não provocarem alteração no CMS dos animais que se alimentaram com nível máximo de inclusão desse coproduto (Tabela 20). Rogério (2005) encontrou valores médios de CMS e CFDN de 106,52 e 53,21 g/UTM com a inclusão de 0, 18, 31 e 43% de coproduto de maracujá em substituição ao capim elefante, em ovinos, resultado divergente do encontrado nesse estudo, provavelmente devido à composição das dietas dos animais, com teores médios superiores em PB e NDT e inferiores em FDN (13,70; 65,00 e 38,40, respectivamente).

Os consumos de proteína bruta (CPB) e extrato etéreo (CEE) aumentaram ($P<0,05$) com a inclusão do coproduto de maracujá até o nível de 36%, com valores médios em g/dia 783,0 e 258,0g/dia. O consumo de PB aumentou acompanhado o maior teor desse nutriente nas dietas com a inclusão do coproduto do maracujá. Da mesma forma, o consumo de (EE), segundo análise de regressão ($P<0,05$), apresentou comportamento linear ascendente, refletindo o conteúdo mais alto desse nutriente na dieta dos animais alimentados com maiores níveis de coproduto do maracujá. Os teores de EE, apesar de crescentes, não ultrapassaram os valores de 7% da MS, que causariam depressão na microbiota ruminal, especialmente na população de microrganismos celulolíticos, acarretando depressão da digestão da fibra (NRC, 2001). A elevação do consumo de extrato etéreo demonstra a

grande disponibilidade da fração lipídica do coproduto do maracujá, que apesar de não ter gerado grande aumento no extrato etéreo dietético, foi suficiente para incrementar o consumo dessa fração.

A maior concentração de EE, com a inclusão máxima desse coproduto provavelmente foi pela contribuição das sementes, pois, de acordo com Togashi *et al.* (2007), apresentam concentrações de 24,5% na MS. Dessa forma, no nível de 36% de inclusão, a dieta com coproduto de maracujá promoveu o maior consumo de EE, uma vez que apresentou concentração de 5,57% de EE na MS, diferindo ($P < 0,05$) das dietas sem ou com inclusões inferiores. A presença de sementes também aumentou o teor de lignina na referida dieta, mas não influenciou negativamente o consumo dos nutrientes pelos animais.

As médias dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes em dietas contendo coproduto do maracujá encontram-se na Tabela 23.

Tabela 23- Médias (%) dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), proteína bruta (DPB), extrato etéreo (DEE), fibra em detergente neutro (DFDN), fibra em detergente ácido (DFDA), carboidratos totais (DCHT), equações de regressão (Eq. Reg.), coeficiente de variação (CV%) e erro padrão da média (EPM) das dietas contendo níveis crescentes de coproduto do maracujá fornecidas a novilhas leiteiras.

Tratamentos	0	12	24	36	Eq. Reg.	CV	EPM
DMS	48,70	54,55	52,10	55,65	$Y = \text{NS}$	13,90	1,77
DPB	64,09	66,62	63,23	71,29	$Y = \text{NS}$	8,21	1,46
DEE	55,34b	66,36ab	75,26a	73,14a	$Y = *$	9,68	2,48
DFDN	41,20	44,84	39,69	48,00	$Y = \text{NS}$	20,17	2,13
DFDA	33,96	38,78	33,85	44,85	$Y = \text{NS}$	29,66	2,77
DACHT	52,38	54,59	53,62	55,11	$Y = \text{NS}$	19,35	2,35

* $Y = 0,5723 + 0,00833X - 0,00017X^2$ $R^2 = 99,02$

*Médias com letras distintas na linha difere estatisticamente pelo teste de SNK ($P < 0,05$)

Não houve diferenças significativas para os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes analisados entre as dietas experimentais, com exceção do extrato etéreo onde se observa o aumento da digestibilidade dessa fração para os maiores níveis de inclusão do coproduto de maracujá, que se justifica pelo maior teor desse nutriente nesta dieta (Tabela 20). Os baixos valores de digestibilidade aparente da MS, em média (51,12%) e frações fibrosas (43,43; 37,86; 53,93%) para FDN, FDA e CHT, respectivamente, observadas nesse estudo podem ser atribuídos à relação 80:20 volumoso:concentrado das dietas. Apesar do elevado nível de lignina (10,34%) presente na dieta experimental com 36% de inclusão do coproduto do maracujá não houve queda na digestibilidade da PB e da FDA.

Lousada Júnior *et al.* (2005), avaliando o valor nutritivo de coprodutos do processamento de frutas (abacaxi, acerola, goiaba, maracujá e melão) em ovinos, encontrou valores médios de DMS e DPB de 59,95% e 54,35% para o coproduto do maracujá respectivamente, semelhante aos obtidos nesse trabalho. Segundo esses autores, a DMS do coproduto de maracujá foi a maior dentre todos os coprodutos avaliados e atribuiu esse resultado ao baixo teor de lignina (9,5%) associado ao bom teor de PB (12,4%) do coproduto do maracujá quando comparado aos demais subprodutos. Já Rogério (2005), trabalhando também com ovinos, em dietas com teor médio de PB de 13,7%, encontrou valor médio para DPB de 58,76%, inferior à média encontrada de 66,31% no presente estudo. Azevedo *et al.* (2011), avaliando a inclusão de coprodutos de frutas *in natura* (abacaxi, goiaba, mamão, manga e maracujá) e do nível (10 e 30%) em bovinos, em substituição parcial à silagem de milho, encontraram valores de DMS de 60,00% para os dois níveis de inclusão avaliados e DPB de 68,46 e 64,80%, respectivamente, inferiores aos encontrados no presente estudo.

O balanço de nitrogênio (BN) das dietas experimentais está apresentado na Tabela 24. Houve diferença nos parâmetros avaliados ($P < 0,05$) referentes ao balanço de nitrogênio com a inclusão do coproduto do maracujá às dietas, com o aumento de nitrogênio ingerido, absorvido e excretado na urina, de acordo com a maior inclusão do coproduto do maracujá as dietas. Os valores médios desses parâmetros foram 125,41; 83,30 e 22,22 g/dia, respectivamente. Esses resultados provavelmente vão de encontro aos maiores consumos de proteína bruta nas dietas com inclusão crescente do coproduto do maracujá.

Tabela 24- Média de valores de Nitrogênio ingerido, Nitrogênio fecal, Nitrogênio absorvido, Nitrogênio urinário, Balanço de nitrogênio (BN) em (g/dia) e a relação Nitrogênio retido/Nitrogênio ingerido (N retido/ N ingerido) em %, coeficiente de variação (CV%), equações de regressão e erro padrão médio (EPM) das dietas experimentais.

Tratamentos	0	12	24	36	CV	Eq. Reg.	EPM
Nitrogênio ingerido	105,41b	124,84ab	122,27ab	149,12a	11,93	*	5,22
Nitrogênio fecal	37,92	42,11	45,17	43,24	23,63	Y= ^{NS}	2,37
Nitrogênio absorvido	67,48b	82,73ab	77,10ab	105,88a	11,60	*	4,25
Nitrogênio urinário	13,89c	25,69ab	20,19ab	29,12a	26,93	*	2,00
BN	53,59	57,04	56,91	76,76	19,82	Y= ^{NS}	3,59
N retido/N ingerido	50,84	45,70	46,54	51,48	15,88	Y= ^{NS}	1,67

N ingerido - $Y = 0,106 + 0,00106X$, $r^2 = 85,04$; N abs - $Y = 0,066 + 0,0009X$ $r^2 = 74,88$; N urinário - $Y = 0,0161 + 0,0003X$ $r^2 = 62,31$

*Médias com letras distintas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de SNK ($P < 0,05$)

Van Soest (1994) afirmou que para otimizar o ambiente ruminal é preciso que haja sinergismo entre a degradação da proteína, o nível de amônia e a fermentação de carboidratos. Sendo assim, o balanço de nitrogênio é importante, pois pode indicar possíveis desajustes, seja em quantidades de nutrientes ou velocidades de degradação dos mesmos. Segundo Silva e Leão (1979), a adequada relação existente entre as fermentações proteicas e energéticas da dieta é que levam ao maior balanço de nitrogênio. A eficiência ruminal é determinada através da relação energia: proteína da dieta, sendo que a quantidade de proteína microbiana sintetizada no rúmen é igual à quantidade de proteína degradável no rúmen, calculada como 13% da ingestão de NDT (nutrientes digestíveis totais). No presente estudo, através dessa relação, obtém-se os valores de 6,65%; 7,06%; 7,03% e 8,21% de proteína microbiana sintetizada de acordo com os níveis de inclusão de coproduto do maracujá, respectivamente, sendo adequados para todas as dietas experimentais como observado pelos valores de PB e NIDA (Tabela 20).

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para os parâmetros referentes ao balanço energético (Tabela 25). A quantidade de EMET para as dietas experimentais com níveis de inclusão de coproduto do maracujá de até 24%, ficou abaixo do recomendado pelo NRC (2001), para animais da mesma categoria que os animais desse estudo (14,70 Mcal/dia), sendo este valor alcançado nesse trabalho somente no nível de inclusão de 36% de coproduto do maracujá às dietas experimentais. Ainda assim, os animais não apresentaram perda de peso ao final do período experimental, reflexo da contribuição positiva do coproduto do maracujá no fornecimento de carboidratos e proteína solúveis, minerais, vitaminas e extrato etéreo às dietas experimentais, com melhoria do ambiente ruminal. Possivelmente, a quantidade de EMET foi o fator preponderante para eliminação de nitrogênio na urina, como forma do organismo eliminar o excedente.

Tabela 25- Consumo médio de energia bruta (CEB), energia bruta digestível (EB DIG), digestibilidade da energia bruta (DIG EB), energia metabolizável (EMET) em (Mcal/dia), coeficiente de variação (CV%) e erro padrão médio (EPM) das dietas experimentais.

Tratamentos	0	12	24	36	CV	EPM
CEB	27,75	31,57	28,80	33,00	13,42	1,06
EB DIG	13,08	15,53	14,19	17,88	17,04	0,74
DIG EB	47,23	49,52	49,35	54,38	13,14	1,62
E MET	10,13	12,76	12,77	14,71	22,55	0,76

Os parâmetros do comportamento ingestivo observados neste trabalho encontram-se na Tabela 26. Não houve diferença entre os parâmetros do comportamento ingestivo ($P>0,05$) com a inclusão do coproduto do maracujá as dietas. É possível que o coproduto do maracujá

apresente característica de manter a atividade ruminal sem alterações e possa substituir o volumoso de origem forrageira sem danos ao metabolismo ruminal.

Os tempos médios dispendidos com alimentação, ócio e ruminação foram de 5,52; 9,01 e 8,53h/dia, respectivamente. A ausência de efeito ($P>0,05$) encontrada nas atividades de alimentação, ruminação e ócio acompanhou o consumo de MS, o qual não foi influenciado pela inclusão do coproduto do maracujá às dietas.

As atividades diárias dos bovinos compreendem períodos que alternam alimentação, ruminação e ócio. Os períodos de ruminação e ócio ocorrem entre as refeições existindo diferenças entre indivíduos quanto à duração e repetição destas atividades, que parecem estar relacionadas às condições climáticas e de manejo, exigência nutricional e principalmente à relação volumoso:concentrado da dieta. A semelhança no consumo de MS, FDN e nos parâmetros referentes ao comportamento ingestivo animal pode ter ocorrido em função das dietas apresentarem a mesma proporção volumoso:concentrado e teores das frações fibrosas, que provavelmente não alterou a digestibilidade.

Tabela 26- Consumo médio de matéria seca em % do peso vivo dos animais (CMS %PV), de fibra em detergente neutro (CFDN) em (Kg/dia), tempo dispendido com alimentação (TAL), ócio (TOC), ruminação (TRU), outras atividades (OA) e mastigação total (TMT), eficiência de alimentação (EAL), de ruminação da MS (ERUMS) e da fibra em detergente neutro (ERU FDN), número de mastigações por bolo ruminal (MMnb), tempo gasto com mastigações por bolo ruminal (MMtb), número de bolos ruminais (BOL) e respectivos coeficientes de variação (CV%) e erro padrão da média (EPM) em novilhas alimentadas com crescentes níveis de coproduto do maracujá.

Parâmetros	Tratamentos				CV	EPM
	0	12	24	36		
CMS %PV	1,95	2,18	1,96	2,17	15,93	0,08
CFDN (Kg/dia)	4,91	5,38	4,63	4,96	13,13	0,05
TAL (h/dia)	5,96	5,00	5,63	5,50	12,91	0,18
TOC (h/dia)	7,88	9,96	9,29	8,92	16,43	0,38
TRU (h/dia)	9,25	8,33	8,42	8,13	9,14	0,21
AO (h/dia)	0,92	0,71	0,67	1,46	63,78	0,16
TMT (h/dia)	15,21	13,33	14,04	13,63	8,66	0,33
EAL (Kg MS/h)	1,21	1,57	1,17	1,45	17,47	0,39
ERU (Kg MS/h)	0,76	0,94	0,79	0,98	14,22	0,42
ERU FDN (Kg FDN/h)	0,53	0,64	0,55	0,61	11,81	0,82
MMnb (nº/dia)	72,14	62,73	67,81	64,22	6,98	0,44
MMtb (seg/bolo)	39,24	46,07	43,12	40,08	14,83	0,19
MMnd (nº/dia)	11,82	10,52	11,07	11,41	14,21	0,10
Bol (nº/dia)	853,64	659,27	752,80	729,53	15,37	0,32

Macedo *et al.* (2007), ao avaliarem a influência do bagaço de laranja em substituição a silagem de sorgo para ovinos, encontraram valores de tempos despendidos com alimentação e ócio, de 6,04 e 7,69 h/dia, para dieta exclusiva de silagem de sorgo, valores esses semelhantes aos encontrados para a dieta com feno de capim Tifton 85 (7,05h/dia). Provavelmente isso se deu pelo teor de FDN da dieta exclusiva de silagem de sorgo (70,78%), com base na MS, ser semelhante ao teor de FDN da dieta com feno de capim Tifton 85 (67,04%).

Segundo Mertens (1987), o consumo de MS está inversamente relacionado com o teor de FDN, e dietas com elevada concentração de fibra limitam a capacidade ingestiva do animal, em virtude da repleção do retículo-rúmen. A ausência de efeitos referentes ao comportamento ingestivo dos animais alimentados com a inclusão crescente do coproduto do maracujá, demonstram o potencial desse alimento, haja vista a palatabilidade do coproduto, e outros fatores, como o tempo de mastigação total, que não foi alterado e variou de 13,33 a 15,21h/dia. Assim, pode-se recomendar a substituição de uma fibra forrageira (feno de capim Tifton 85) por uma fonte de fibra não forrageira (coproduto do maracujá) mantendo a efetividade da dieta e a produtividade animal.

O tempo de mastigação total (TMT) tem sido uma das medidas mais estudadas e utilizadas para avaliar a efetividade da fibra decorrente de seus efeitos sobre a produção de saliva, o processo de trituração dos alimentos, o consumo de MS, o ambiente ou a função ruminal (pH e perfil de AGV) e a porcentagem de gordura do leite (Colenbrander *et al.*, 1991). Esse parâmetro é obtido pela soma do tempo de alimentação e do tempo de ruminação, durante as 24 horas de observação. Diante disso, pode-se justificar a semelhança quanto ao tempo de mastigação total entre os tratamentos, uma vez que não houve diferença entre os tempos de alimentação e ruminação.

Pereira *et al.* (2007) avaliaram o comportamento ingestivo de novilhas leiteiras que receberam dietas com diferentes níveis de fibra e detectaram maior tempo de mastigação total quando os animais foram submetidos à dieta com teor mais elevado de FDN (60%), mostrando que a qualidade química e física dos volumosos está diretamente relacionada aos aspectos comportamentais dos ruminantes. No presente estudo o teor de FDN do feno de capim Tifton 85 foi 75,42% e do coproduto do maracujá, 60,36%, apresentando ambos o mesmo potencial de efetividade, demonstrados nos parâmetros referentes ao comportamento ingestivo, com a ausência de significância entre as substituições.

Os valores médios para as eficiências de alimentação e ruminação (Kg MS e FDN/h), não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos níveis de inclusão do coproduto do maracujá. Geralmente, essas variáveis são influenciadas pelo consumo de MS e FDN e a ausência de

efeito sobre esses parâmetros, pode ser explicada pela semelhança observada no consumo de MS e FDN e nos tempos de alimentação e ruminção.

O número de bolos ruminados também não diferiu ($P > 0,05$) em função dos níveis de inclusão do coproduto do maracujá à dieta, sendo o valor médio de 748,81 bolos/dia. O número de bolos ruminados é dependente do tempo de ruminção e do tempo gasto para ruminar cada bolo, e o fato de não ter ocorrido variação nesses tempos explica a semelhança desse parâmetro entre os tratamentos.

CONCLUSÃO

O consumo de matéria seca não foi alterado pela inclusão do coproduto do maracujá às dietas em substituição ao feno de capim Tifton 85.

Houve efeito positivo no consumo de proteína bruta e extrato etéreo, que aumentaram linearmente com a inclusão do coproduto do maracujá.

A digestibilidade do extrato etéreo, o consumo de nitrogênio, nitrogênio absorvido e excretado na urina aumentaram com a inclusão máxima do coproduto do maracujá às dietas.

O balanço energético e o comportamento ingestivo não sofreram influência da inclusão crescente de até 36% do coproduto do maracujá às dietas experimentais.

O coproduto do maracujá pode ser incluído até o nível de 36% em substituição ao feno de capim Tifton 85, em dietas para novilhas leiteiras, sem maiores prejuízos para o consumo e digestibilidade dos nutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, J. A. G., VALADARES FILHO, S. C., PINA, D. S., *et al.* Consumo, digestibilidade total, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio em dietas com resíduos de frutas para ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.5, p.1052-1060, 2011.

BLAXTER, K.L; CLAPPERTON, J.L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *British Journal Nutrition*, v.19, n.1, p.511-522. 1965.

BURGUER, P.J.; PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C. *et al.* Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n.1, p. 236-242, 2000.

- CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.V.; SILVA, J.F.C. *et al.* Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.
- COLENBRANDER, V.F.; NOLLER, C.H.; GRANT, R.J. Effect of fiber content and particle size of alfalfa silage on performance and chewing behavior. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.12, p.2681-2681, 1991.
- DETMANN, E. SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C. *et al.* *Métodos para análises de alimentos*: INCT - Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012, 214p.
- DEVENDRA, C.; LEWIS, D. The interaction between dietary lipids and fibre in the sheep - Digestibility studies. *Animal Production*, v.19, p.67-76, 1974.
- DULPHY, J.P., REMOND, B., THERIEZ, M. Ingestive behaviour and related activities in ruminants. In: RUCKEBUSH, Y., THIVEND, P. (Eds.). *Digestive physiology and metabolism in ruminants*. Lancaster, 1980, p.103-122.
- HALL, M.B. *Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen*. University of Florida, 2000. p.A-25 (Bulletin 339, april, 2000).
- LOUSADA JÚNIOR, J. E.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M. *et al.* Consumo e Digestibilidade de Subprodutos do Processamento de Frutas em Ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.2, p.659-669, 2005.
- MACEDO, C.A.B.; MIZUBUTI, I.Y.; MOREIRA, F.B. *et al.* Comportamento ingestivo de ovinos recebendo dietas com diferentes níveis de bagaço de laranja em substituição à silagem de sorgo na ração. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.6, p.1910-1016, 2007.
- MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, v.64, n.5, p.1548-1558, 1987.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. Washington D.C.: National Academy of Sciences, 2001. 381p.
- NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility. A review. *Journal Dairy Science*, v.71, n.8, p.2051-2069, 1988.
- PEREIRA, J.C.; CUNHA, D.N.F.V.; CECON, P.R. *et al.* Comportamento ingestivo e taxa de passagem de partículas em novilhas leiteiras de diferentes grupos genéticos submetidas a

- dietas com diferentes níveis de fibra. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.6, p.2134-2142, 2007.
- POLLI, V.A., RESTLE, J., SENNA, D.B. *et al.* Aspectos relativos à ruminação de bovinos e bubalinos em regime de confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.25, n.5, p. 987-993, 1996.
- ROGÉRIO, M.C.P. *Valor Nutritivo de Subprodutos de Frutas para Ovinos*. 2005. 318f. Tese (Doutorado em Ciência Animal). Escola de Veterinária - UFMG, Belo Horizonte-MG, 2005.
- SILVA, J.F.C; LEÃO, M.I. *Fundamentos da Nutrição dos Ruminantes*. Piracicaba,SP: Livroceres, 1979. 384 p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SISVAR – *Programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos* (versão 5.1). UFLA, 2006.
- SNIFFEN, C.J; O'CONNOR, J.D.; van SOEST, P.J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
- TOGASHI, C.K.; FONSECA, J.B.; SOARES, R.T.R.N. *et al.* Composição em ácidos graxos dos tecidos de frangos de corte alimentados com subprodutos de maracujá. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, n.6, p. 2063-2068, 2007.
- VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.10, p. 3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61., 1999, Ithaca. *Proceedings...* Ithaca: Cornell University, 1999.

CAPÍTULO VI - INCLUSÃO DO COPRODUTO DO MARACUJÁ EM DIETAS PARA NOVILHAS LEITEIRAS: USO DE INDICADORES EXTERNOS E INTERNOS NA ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO FECAL E DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES

Resumo: Objetivou-se avaliar os indicadores externos óxido crômico (Cr_2O_3), dióxido de titânio (TiO_2), LIPE® e NANOLIPE®, bem como os indicadores internos Matéria Seca Indigestível (MSi), Fibra em Detergente Neutro Indigestível (FDNi) e Fibra em Detergente Ácido Indigestível (FDAi) em dietas com inclusão do coproduto do maracujá para novilhas leiteiras, na estimativa da produção fecal e digestibilidade dos nutrientes. Dezesesseis novilhas mestiças Holandês x Zebu, peso vivo médio ($363,00\text{Kg} \pm 27,70\text{Kg}$), foram distribuídas aleatoriamente num delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 4 repetições perfazendo 16 observações. As dietas oferecidas se diferenciavam quanto à substituição do feno de capim Tifton 85 (*Cynodon sp*) pelo coproduto do maracujá (zero, 12, 24, 36% da MS) ofertadas em refeições iguais, oferecidas às 7horas e 16horas. Houve diferença ($P < 0,05$) na digestibilidade dos nutrientes e na produção fecal com os indicadores utilizados. Os indicadores óxido crômico, LIPE®, NANOLIPE® e FDNi estimaram com precisão a digestibilidade dos nutrientes e a produção fecal em dietas com inclusão de coproduto do maracujá para novilhas leiteiras. Os indicadores dióxido de titânio, MSi e a FDAi foram ineficientes para estimar esses parâmetros.

Palavras chave: *in situ*, coleta total, recuperação fecal

CHAPTER VI - PASSION FRUIT BY-PRODUCT INCLUSION IN DIETS FOR DAIRY HEIFERS: USE OF EXTERNAL AND INTERNAL MARKERS TO ESTIMATE FECAL PRODUCTION AND NUTRIENT DIGESTIBILITY

Abstract: We aimed to evaluate the external chromium oxide (Cr_2O_3), titanium dioxide (TiO_2), and LIPE® NANOLIPE® as well as the internal markers indigestible dry matter (iDM), indigestible neutral detergent fiber in (iNDF) and fiber detergent acid indigestible (iADF) in diets with inclusion of passion fruit by-product for dairy heifers on the estimation of fecal output. Sixteen crossbred heifers Holstein x Zebu, average weight ($363.00 \pm 27.70\text{Kg}$), were distributed in a completely randomized design with four treatments and four replications. The diets offered contained 0, 12, 24, 36% passion fruit by-product in place of Tifton 85 hay. Diets were fed at 0700 and 1600h. There were differences in digestibility and fecal output with the markers used ($P < 0.05$). Oxide chromium, LIPE®, NANOLIPE®,

indigestible neutral detergent fiber markers accurately estimated the digestibility of nutrients and fecal production. The titanium dioxide, indigestible dry matter and indigestible neutral detergent fiber markers were inefficient to estimate those parameters.

Keywords: *in situ*, total collection, fecal recovery

INTRODUÇÃO

A estacionalidade na produção de forragem tem sido responsável, entre outros fatores, pela reduzida produtividade dos rebanhos, que aliado ao custo de produção investido na alimentação dos animais, tem despertado o interesse no aproveitamento de alimentos alternativos. Nesse sentido, os coprodutos de frutas vêm se destacando e sendo constantemente avaliados principalmente quanto aos níveis adequados de sua inclusão em dietas para ruminantes, sem causar danos ao sistema produtivo.

Além disso, com a inclusão dos coprodutos de frutas na alimentação de ruminantes é possível contribuir com a preservação do meio ambiente, já que os resíduos têm sido normalmente descartados, transformando-se em agentes poluentes. A utilização dos coprodutos industriais na alimentação animal torna-se uma fonte alternativa de nutrientes para o período de escassez de alimentos, constituindo uma importante fonte fibrosa. E observa-se que exatamente na época seca do ano, onde há escassez de forragens é que ocorre maior produção de coprodutos de frutas (Rogério, 2005).

Nos sistemas de produção animal, o consumo e a digestibilidade são variáveis de extrema importância, já que estão relacionados diretamente ao aporte de nutrientes e, conseqüentemente, ao atendimento das exigências nutricionais dos animais. Mertens (1994) destaca que o desempenho animal é função direta do consumo de matéria seca digestível, de modo que 60 a 90% de sua variação decorre de alterações no consumo e 10 a 40%, de mudanças na digestibilidade. A estimativa desses parâmetros pode ser feita através da coleta total de fezes e/ou com o uso de indicadores, com a vantagem destes últimos apresentarem a simplicidade e conveniência de utilização, e poderem proporcionar informações importantes como os anteriormente citados, mas os trabalhos com o uso dos mesmos na literatura têm apresentado resultados variados.

Segundo Merchen (1993), nenhuma das substâncias utilizadas como indicador preenche todas as características ideais, mas várias são suficientemente adequadas para fornecer dados significativos. Por essa razão, a procura de indicadores ideais constitui um dos assuntos de grande interesse na busca de técnicas que facilitem os estudos de nutrição animal.

Diante disso, objetivou-se avaliar a eficácia dos indicadores externos óxido crômico (Cr_2O_3), dióxido de titânio (TiO_2), LIPE®, NANOLIPE® e os indicadores internos, matéria seca indigestível (MSi), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) na estimativa de produção fecal e digestibilidade dos nutrientes em dietas a base de feno de capim Tifton 85 e níveis crescentes de inclusão do coproduto do maracujá em dietas para novilhas leiteiras.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nas dependências da Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal – UFV, localizada em Florestal – MG nos meses de maio a agosto de 2012. Foram utilizadas 16 novilhas mestiças HZ, com peso médio de (363,00 kg \pm 27,70Kg), identificadas, pesadas, vermifugadas e alojadas individualmente em baias de cimento.

As dietas oferecidas foram a base de feno de capim Tifton 85, fubá de milho e coproduto do maracujá, cuja composição bromatológica dos alimentos e teores médios dos nutrientes obtidos para as dietas experimentais estão nas tabelas anteriormente apresentadas (Cap. V, Tabelas 19 e 20).

O período experimental teve duração de 17 dias, com 12 dias para adaptação às dietas, manejo e instalações e cinco dias para coletas experimentais. A alimentação dos animais foi feita diariamente, dividida em duas refeições, sendo 50% fornecida às 7h e 50% às 16h. As sobras foram colhidas diariamente, pela manhã, pesadas e a quantidade de dieta fornecida foi ajustada para proporcionar entre 10% de sobras.

Para estimativa da produção fecal foram utilizados os indicadores externos óxido crômico (Cr_2O_3), dióxido de titânio (TiO_2), Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE®), Lignina Purificada e Enriquecida na forma de nanopartículas (NANOLIPE®) e os indicadores internos matéria seca indigestível (MSi), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi). Os indicadores Cr_2O_3 e TiO_2 foram administrados misturados à dieta dos animais, na dosagem de dez gramas por animal, por dia, por um período de adaptação de sete dias e cinco dias de coleta de fezes. Os indicadores LIPE® e NANOLIPE® foram administrados por via oral, na forma de cápsulas na dosagem de 500mg/animal, por um período de adaptação de dois dias e cinco dias de coleta total de fezes para o LIPE® e um dia de adaptação e um dia de coleta total de fezes para o NANOLIPE®.

Já os indicadores internos MSi, FDNi e FDAi foram obtidos nas amostras dos alimentos, sobras e fezes que foram acondicionados em sacos de tecido não-tecido (TNT – 100 g/cm²) com dimensões de 4 × 5 cm, na proporção de 20 mg de MS/cm² de superfície (Nocek, 1988) e incubadas no rúmen de dois bovinos adultos machos, durante 264 horas conforme sugerido por Casali *et al.* (2008), para a obtenção das frações indigestíveis *in situ*.

Após 264 horas de incubação *in situ*, os saquinhos foram retirados do rúmen e lavados com água corrente, secos em estufa de ventilação forçada, pesados e o resíduo foi utilizado para a determinação da MSi. A FDNi e a FDAi foram determinadas após lavagem dos saquinhos com solução de detergente neutro e ácido respectivamente, de forma não sequencial, sendo secos em estufa e pesados, e seu resíduo utilizado para determinação das frações indigestíveis.

A produção fecal (PF) estimada pelos indicadores foi determinada pela seguinte fórmula:

$$\text{PMSF} = \frac{\text{consumo do indicador em (g)}}{\text{concentração do indicador nas fezes em (\%)(MS/105)}}.$$

As análises dos indicadores LIPE® e NANOLIPE® foram feitas por Espectroscopia no Infravermelho próximo em equipamento FTIV – 800 da Varian, segundo Saliba (1998; 2001) e Saliba *et al.* (2011). O óxido crômico (Cr₂O₃) foi determinado por Espectrofotometria de Absorção Atômica (EAA), segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). O teor de dióxido de titânio (TiO₂) foi determinado segundo Myers *et al.* (2004) através da Espectroscopia eletrônica molecular, baseada na colorimetria.

Os cálculos dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes pelo método dos indicadores externos e internos foram feitos pela seguinte fórmula:

Digestibilidade (%) = 100 - 100 x (% do indicador no alimento/ % do indicador nas fezes).

Para os cálculos da Taxa de recuperação fecal do indicador, utilizou-se a fórmula, descrita a seguir:

$$\text{Taxa de recuperação} = \frac{\text{Produção Fecal pelo indicador}}{\text{Produção Fecal pela Coleta Total}} \times 100$$

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com arranjo em parcelas subdivididas, de modo que nas parcelas constaram os tratamentos (dietas) e nas subparcelas os indicadores.

A análise dos dados foi realizada utilizando-se o programa SISVAR - Programa de

análises estatísticas e planejamento de experimentos (SISVAR, 2006). A produção fecal, bem como os coeficientes de digestibilidade aparente e recuperação fecal foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas utilizando-se o teste de SNK ($P < 0,05$).

O modelo estatístico utilizado foi: $Y_{ijk} = \mu + A_i + b_j + B_k + A_i * B_k + e_{ijkl}$

Onde: Y_{ijk} = é o valor da variável testada sob o i-ésimo nível da dieta, j-ésimo bloco e k-ésimo nível do indicador;

μ = média geral do experimento para a variável

A_i = efeito do i-ésimo nível da dieta

b_j = efeito do j-ésimo bloco estatístico

B_k = efeito do k-ésimo nível do indicador

$A_i * B_k$ = efeito da interação dieta e indicador

e_{ij} = erro aleatório.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de produção fecal, obtidos através da coleta total de fezes, e estimados pelos indicadores externos Cr_2O_3 , TiO_2 , LIPE®, NANOLIPE® e os indicadores internos MSi, FDNi e FDAi podem ser observados na Tabela 27.

Tabela 27- Valores médios de produção fecal (KgMS/dia), erro padrão médio (EPM), coeficiente de variação (CV%), obtidos pela coleta total, e estimados pelos indicadores óxido crômico, dióxido de titânio, LIPE®, NANOLIPE®, Matéria seca indigestível (MSi), fibra em detergente neutro (FDNi), fibra em detergente ácido (FDAi) indigestível em novilhas leiteiras.

Tratamentos	Produção fecal	EPM
Coleta Total	3,65b*	0,20
Óxido crômico	3,86b	0,15
Dióxido de Titânio	4,64a	0,34
LIPE®	3,38b	0,21
NANOLIPE®	3,43b	0,14
MSi	4,91a	0,19
FDNi	3,67b	0,10
FDAi	2,16c	0,16
CV	18,84	

*Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste de SNK ($P < 0,05$).

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) para os valores médios de produção fecal estimados de acordo com o indicador utilizado, sendo a produção fecal precisamente estimada pelos indicadores externos Cr_2O_3 , LIPE® e NANOLIPE® e o indicador interno FDNi, com

valores médios de (3,86; 3,38; 3,43 e 3,67 Kg MS/dia), respectivamente, quando comparados à coleta total (3,65Kg/dia).

Esses resultados se assemelham aos de Barros *et al.* (2007), que avaliando Cr₂O₃ e indicadores internos (MSi, FDNi e FDAi), em bovinos mestiços, relataram a superioridade do Cr₂O₃ em estimar a produção fecal e concluíram que as recuperações superestimadas obtidas com os indicadores internos estariam relacionadas aos procedimentos realizados para suas determinações.

Corroborando com os resultados apresentados pelo indicador LIPE® no presente estudo, outros autores têm apresentando resultados satisfatórios com o uso desse indicador na estimativa de consumo, produção fecal e digestibilidade dos nutrientes com diversas espécies animais (Saliba *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2008; Lima *et al.*, 2008; Ferreira *et al.*, 2009; Figueiredo, 2011; Valentini, 2012). Moraes (2007) avaliou o consumo e a digestibilidade de nutrientes em caprinos alimentados com dietas à base de coprodutos da agroindústria (semente de urucum, bagaço de caju desidratado e farelo da castanha de caju). Em todos os ensaios o LIPE® apresentou estimativas de produção fecal semelhantes às obtidas a partir do método de coleta total de fezes.

Os resultados da estimativa de produção fecal encontrados nesse trabalho para o indicador NANOLIFE® mostram-se promissores, já que o mesmo apresenta período de adaptação dos animais e período de colheita de fezes inferior aos indicadores avaliados, possibilitando minimizar o trabalho, a mão-de-obra e o estresse dos animais, revelando a potencialidade de uso do mesmo.

Com relação aos indicadores internos MSi, FDNi e FDAi, os resultados apresentados na literatura são variados. Oliveira Jr. *et al.* (2004) avaliaram os indicadores FDNi, lignina em detergente ácido e Cr₂O₃, em novilhas Nelore alimentadas com dietas à base de bagaço de cana-de-açúcar *in natura* e concentrado e relataram superestimções da excreção fecal tanto para a FDNi como para a FDAi.

A produção fecal estimada pelo indicador TiO₂ nesse trabalho, não está de acordo com alguns trabalhos da literatura (Titgmeyer *et al.*, 2001; Ferreira *et al.*, 2009; Glindeman *et al.* 2009). Figueiredo (2011), em estudos avaliando indicadores externos em ovinos, com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar e feno de capim Tifton 85 utilizando os indicadores Cr₂O₃, LIPE® e TiO₂, encontrou valores médios de produção fecal de (384,02; 381,82 e 595,02 g/MS fecal/dia), respectivamente, quando comparado à coleta total de fezes (385,54g MS fecal/dia), tendo o indicador TiO₂ superestimado a produção fecal e conseqüentemente

subestimando a digestibilidade dos nutrientes. Essa autora relatou dificuldades inerentes a administração deste indicador e sua técnica de análise.

Na Tabela 28, podem ser encontrados os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes estimados pelos indicadores e obtidos com a coleta total de fezes. Os indicadores externos óxido crômico, LIPE® e NANOLIPE® e o indicador interno FDNi, estimaram precisamente ($P>0,05$) a digestibilidade da MS, PB e FDN.

Tabela 28- Valores médios (%) dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), proteína bruta (DPB), fibra em detergente neutro (DFDN), erro padrão médio (EPM) e coeficiente de variação (CV%) das dietas estimados pelos indicadores externos e comparado com a coleta total.

Tratamentos	Digestibilidade				Médias	EPM
	0	12	24	36		
DMS						
Coleta Total	48,70bc	54,55bc	48,75bc	55,65bc	51,91	1,34
Óxido Crômico	39,60c	48,56c	47,99c	54,08c	47,56	2,35
Dióxido de Titânio	34,93d	38,40d	40,68d	37,69d	37,93	3,71
LIPE®	57,08b	59,45b	49,11b	63,92b	57,39	2,25
NANOLIPE®	53,96b	64,45b	49,46b	62,04b	57,48	1,99
MSi	38,96d	33,52d	25,89d	36,35d	33,68	2,07
FDNi	50,13bc	46,35bc	49,28bc	55,26bc	50,26	1,48
FDAi	67,94a	70,91a	66,01a	77,52a	70,60	2,34
DPB						
Coleta Total	64,09bc	66,62bc	63,23bc	71,05bc	66,25	1,43
Óxido Crômico	57,84c	64,76c	63,01c	70,78c	64,10	1,58
Dióxido de Titânio	54,90d	57,41d	57,72d	60,10d	57,53	2,46
LIPE®	70,01b	72,44b	63,47b	75,19b	70,28	1,77
NANOLIPE®	67,87b	75,55b	63,73b	75,19b	70,59	1,69
MSi	57,36d	54,34d	46,86d	58,19d	54,19	2,02
FDNi	65,12bc	63,13bc	63,83bc	70,92bc	65,75	1,28
FDAi	77,85a	79,96a	75,82a	85,20a	79,71	1,62
DFDN						
Coleta Total	41,20bc	44,84bc	39,69bc	48,00bc	43,43	2,13
Óxido Crômico	30,90c	42,41c	38,87c	44,98c	39,29	2,83
Dióxido de Titânio	25,92d	30,72d	30,05d	37,88d	31,14	3,58
LIPE®	50,86ab	54,39ab	40,06ab	57,29ab	50,65	2,73
NANOLIPE®	42,27ab	60,20ab	40,43ab	55,03ab	49,48	2,48
MSi	30,08d	25,32d	17,73d	24,48d	24,40	2,48
FDNi	42,88bc	39,66bc	40,46bc	46,74bc	42,44	1,80
FDAi	54,00a	57,44a	48,55a	63,78a	55,94	3,29

*Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste de SNK ($P<0,05$).

*DMS – CV=16, 76%; DPB – CV=9, 12%; DFDN – CV=25, 47%

Ferreira *et al.* (2009), conduziram dois experimentos com o objetivo de avaliar os indicadores internos FDNi e FDAi, e os indicadores externos Cr₂O₃, TiO₂ e LIPE® para estimativa da digestibilidade em bovinos. No primeiro experimento, foram utilizadas novilhas mestiças alimentadas com cana-de-açúcar. Os resultados mostraram que quando estimada utilizando-se FDAi, a digestibilidade dos nutrientes foi subestimada, mas, quando estimada utilizando-se FDNi e os indicadores externos (Cr₂O₃, TiO₂ e LIPE®), foi semelhante à coleta total de fezes. No segundo experimento, utilizaram vacas em lactação alimentadas com silagem de milho e concentrado. Esses autores concluíram que a digestibilidade dos nutrientes, quando estimada utilizando-se FDNi, foi superestimada, mas, quando estimada utilizando-se FDAi e os indicadores externos supracitados, não diferiu significativamente daquela determinada por coleta total de fezes.

Sampaio *et al.* (2011) avaliando a recuperação fecal dos indicadores MSi, FDNi, FDAi, Cr₂O₃ e TiO₂, em bovinos alimentados com silagem de capim-elefante, silagem de milho ou feno de capim-braquiária, suplementados ou não com 20% de mistura concentrada, encontraram resultados satisfatórios para todos os indicadores avaliados, com recuperação fecal não diferindo de 100%. Esses autores também não observaram interação indicador x forragem ou nível de concentrado sobre as estimativas de recuperação fecal.

Véras *et al.* (2005) avaliaram a digestibilidade aparente e os consumos dos nutrientes para se determinar o efeito da substituição do milho por farelo de palma forrageira (0, 33, 66 e 100%), em dietas de ovinos em crescimento usando a coleta total de fezes e os indicadores internos FDAi e FDNi. Esses autores concluíram que a avaliação da digestibilidade pelo método FDNi foi eficiente em determinar a digestibilidade, em comparação ao método de coleta total.

As variações nos resultados de trabalhos encontrados na literatura sobre indicadores externos e internos de estimativa de produção fecal, consumo e digestibilidade aparente de nutrientes, advêm de múltiplos fatores. Com relação aos indicadores internos, alguns trabalhos mostraram em seus resultados que pode 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). Berchielli *et al.* (2005) avaliando indicadores internos FDNi e FDAi incubados *in vitro* ou *in situ*, encontraram resultados que diferiram de acordo com o volumoso utilizado. Esses autores verificaram que a FDAi resultante da incubação *in vitro* por 144 horas não diferiu da coleta total de fezes na estimativa da produção de matéria seca fecal de bovinos alimentados com silagem de milho. Quando utilizada cana-de-açúcar como volumoso, nenhum dos indicadores estimou corretamente a produção de matéria seca fecal. Quando

fornecido feno de capim Tifton 85 como volumoso, a FDNi incubada *in vitro* e a FDAi incubada *in situ* permitiram estimar a produção de matéria seca fecal de forma semelhante à coleta total. De acordo com esses autores, as prováveis razões para variações na eficácia da fração fibrosa indigestível seriam a constituição da fibra de cada volumoso, que alteraria sua taxa e extensão de degradação, a seletividade da dieta pelos animais e a perda de partículas de alimento e fezes pelos poros dos sacos durante a incubação ruminal. No presente estudo, as amostras de sobras também foram incubadas eliminando esse possível efeito.

Conforme Berchielli *et al.* (2006), outra possível causa para os resultados variados com o uso de indicadores internos em ensaios de consumo e digestibilidade são os erros de metodologias das análises desses indicadores. De acordo com a variabilidade dos resultados observados, é possível a existência de um indicador adequado para cada volumoso utilizado. Além disso, outros fatores como a forma de incubação (*in situ* ou *in vitro*), o tempo de incubação e as perdas de partículas pelos poros dos sacos de náilon, podem ser as principais causas das variações observadas na recuperação fecal de indicadores.

Na Tabela 29, podemos observar os valores médios de recuperação fecal dos indicadores externos e internos avaliados. A taxa média de recuperação fecal do Cr₂O₃, LIPE®, NANOLIPE® e da FDNi foram semelhantes à coleta total de fezes, não havendo diferença significativa (P>0,05) entre os métodos (105,75%; 92,60%; 94,00% e 100,54%, respectivamente).

Tabela 29- Taxas de recuperação fecal média dos indicadores óxido crômico (Cr₂O₃), dióxido de titânio (TiO₂), LIPE®, NANOLIPE®, matéria seca indigestível (MSi), fibra em detergente neutro (FDNi) e ácido (FDAi) indigestíveis, em relação ao método de coleta total (100%) e coeficiente de variação (CV%).

Taxa de recuperação fecal							
Coleta Total	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	LIPE®	NANOLIPE®	MSi	FDNi	FDAi
100b	105,75b	127,12ab	92,60bc	94,00bc	134,51a	100,54b	59,20c

*Médias seguidas de letras distintas na linha diferem estatisticamente pelo Teste SNK (P<0,05). CV=19,44%.

Em trabalhos realizados por Saliba *et al.* (2003), os autores encontraram taxas médias de recuperação fecal do LIPE® de 102,6% e 94,6% em suínos; 97,9% e 99,3% em coelhos e 95,9% em ovinos. A administração do NANOLIPE® em cápsulas garantiu a ingestão do indicador sem a ocorrência de perdas além de maior precisão na técnica analítica conforme citado por Saliba *et al.* (2005).

CONCLUSÕES

Os indicadores óxido crômico, LIPE®, NANOLIPE® e fibra em detergente neutro indigestível estimaram com precisão a digestibilidade dos nutrientes e a produção fecal.

Os indicadores dióxido de titânio, matéria seca indigestível e fibra em detergente ácido indigestível foram ineficientes em estimar a produção fecal e a digestibilidade dos nutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BERCHIELLI, T.T.; OLIVEIRA, S.G.; CARRILHO, E.N.V.M. *et al.* Comparação de indicadores para estimativas de produção fecal e de fluxo de digesta em bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.3, p.987-996, 2005.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, V. A.; OLIVEIRA, S. G. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: Funesp, 2006. 583 p.

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.

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.

FIGUEIREDO, M.R.P. – *Indicadores externos de digestibilidade aparente em ovinos*. 2011. 86f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária - UFMG, Belo Horizonte-MG, 2011.

GLINDEMANN, T.; TAS, B.M.; WANG, C. *et al.* Evaluation of titanium dioxide as an inert marker for estimating faecal excretion in grazing sheep. *Animal Feed Science and Technology*, v.152, p.186-197, 2009.

- LIMA, J.B.M. P; GRAÇA, D.S.; BORGES, A.L.C.C. Uso do óxido crômico e do LIPE® na estimativa do consumo de matéria seca por bezerros de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.60, n.5, p.1197-1204, 2008.
- MERCHEN, N.R. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: CHURCH, D.C. (Ed.) *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. 4.ed. Carvallis: O&B Books. 1993. p.172-201.
- MERTENS, D.R. *Regulation of forage intake*. In: Forage quality, evaluation and utilization. FAHEY JR. (Ed.). Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.
- MORAIS, S.A. *Subprodutos da agroindústria e indicadores externos de digestibilidade aparente em caprinos*. 2007. 57f. Tese (Doutorado em Zootecnia) –Escola de Veterinária - UFMG, Belo Horizonte-MG, 2007.
- MYERS, W.D.; LUDDEN, P.A.; NAYIGINUGU, 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.
- NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility. A review. *Journal of Dairy Science*. v.71, n.8, p.2051-2069, 1988.
- OLIVEIRA JUNIOR, R.C. *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.
- ROGÉRIO, M.C.P. *Valor Nutritivo de Subprodutos de Frutas para Ovinos*. 2005. 318p. Tese (Doutorado em Ciência Animal). Escola de Veterinária - UFMG, Belo Horizonte-MG, 2005.
- SALIBA, E. O. S.; RODRIGUEZ, N.M.; GUIMARÃES, A. M. Consumo e digestibilidade aparente do resíduo de cultura de milho, tratado com hidróxido de sódio e/ou suplementado com uréia para ruminantes. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 50, n. 6, p. 721-726, 1998.
- SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M.; MORAIS, S.A.L. *et al*. Ligninas – Métodos de obtenção e caracterização química. *Ciência Rural*, v.31, n.5, p.917-928, 2001.
- SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M.; PILO-VELOSO, D. *et al*. Estudo comparativo da digestibilidade pela técnica da coleta total com lignina purificada como indicador de digestibilidade para ovinos em experimento com feno de Tifton 85. In: REUNIÃO ANUAL

DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Catarina. *Anais...* Santa Catarina - RS:SBZ, 2003 (CD-ROM).

SALIBA, E. O. S.; BARBOSA, G. S. S. C.; RODRIGUEZ, N. M. *et al.* Utilization of nanotechnology to the development of a marker of fecal output in dairy cattle. In: 8th International Symposium on the Nutrition of Herbivores, *Proceedings...* Cambridge: Advances in Animal Biosciences, v. 3. p. 263-282, 2011.

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, n.1, p.174-182, 2011.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa: UFV, 235p., 2002.

SILVA, A. G. M. E.; BORGES, I.; NEIVA, J. N. M. *et al.* Avaliação do LIPE® como indicador externo de digestibilidade em ovinos recebendo dietas com torta de babaçu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL,1. *Anais...* Fortaleza: UFC, 2008.

SILVA, F.F.; AGUIAR, C.M.; VELOSO. A.J.V. *et al.* Produção fecal e digestibilidade estimada por indicadores internos comparados a coleta total. *Archivos de Zootecnia*. v.58, n.224, p.741-744. 2009.

SISVAR – *Programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos* (versão 5.1). UFLA, 2006.

TITGEMEYER, E.C.; ARMENDARIZ, C.K.; BINDEL, D.J. *et al.* Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. *Journal of Animal Science*, v.79, n.4, p.1059-1063, 2001.

VALENTINI, P. V. *Indicadores de produção fecal de novilhas em diferentes planos de alimentação*. 2012. 59f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte-MG, 2012.

VERAS, R.M.L.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. *et al.* Substituição do Milho por Farelo de Palma Forrageira em Dietas para Ovinos em Crescimento. Consumo e Digestibilidade. *Revista Brasileira de Zootecnia.*, v.34, n.1, p.351-356, 2005.

ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N.; DIAN, P.H.M. *et al.* Recuperação fecal de indicadores internos avaliados em ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.4, p.1865-1874, 2002

CAPÍTULO VII - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições em que foram realizados estes experimentos e tendo em vista os resultados obtidos, podemos inferir:

O coproduto do maracujá apresentou elevado potencial de degradação da matéria seca e proteína bruta que o qualifica para substituir parte dos volumosos em dietas para ruminantes.

O coproduto do cacau pode ser utilizado em dietas para novilhas leiteiras, até 16% em substituição ao feno de capim Tifton 85, pois suas características fibrosas limitam a sua utilização, em níveis maiores de inclusão. Pode ser recomendado como alternativa de alimento em épocas em que ocorre escassez de forragem de boa qualidade, de acordo com a disponibilidade e o nível de produção pretendido, sem causar danos ao consumo e digestibilidade dos nutrientes.

O coproduto do maracujá apresenta grande potencial de utilização em dietas para novilhas leiteiras, apresentando superioridade no consumo e digestibilidade da matéria seca e extrato etéreo, podendo ser incluído em até 36% em substituição ao volumoso. São necessárias maiores pesquisas, onde haja maior participação do coproduto do maracujá em dietas ou mesmo o desenvolvimento de técnicas de padronização do coproduto onde o mesmo possa ser inserido.

Ainda não existe o melhor indicador para uso em ensaios de consumo e digestibilidade haja vista que os resultados aqui encontrados e os da literatura são variados, com muitas limitações. Todavia, alguns apresentaram resultados mais satisfatórios como foi observado para os indicadores externos óxido crômico, LIPE® e NANOLIPE® e interno, fibra em detergente neutro indigestível podendo serem indicados em experimentos avaliando a substituição do volumoso por coprodutos como cacau e maracujá, e ter resultados precisos.

A inclusão de coprodutos na alimentação de ruminantes depende de fatores econômicos e da disponibilidade do produto em cada região e representam um ganho ambiental; portanto os coprodutos podem ser uma opção viável.