

**MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA
DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS
NUTRIENTES EM EQÜINOS**

KLEBER VILLELA ARAÚJO

1999

47733

33472MFN

KLEBER VILLELA ARAÚJO

**MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE
APARENTE DOS NUTRIENTES EM EQÜINOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Doutorado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição Animal-Monogástricos para obtenção do título de Doutor.

de Freitas Lima

MINAS GERAIS - BRASIL
1999

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Araújo, Kleber Vilela

Métodos para determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes em equinos / Kleber Vilela Araújo. – Lavras : UFLA, 1999.

155 p. : il.

Orientador: José Augusto de Freitas Lima.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Indicador interno. 2. Coleta total. 3. Saço de náilon. 4. Digestibilidade. Equino. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-636.10855

KLEBER VILLELA ARAÚJO

**MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE
APARENTE DOS NUTRIENTES EM EQUÍNOS**

**Tese apresentada à Universidade
Federal de Lavras, como parte das
exigências do curso de Doutorado em
Zootecnia, área de concentração em
Nutrição Animal-Monogástricos para
obtenção do título de Doutor.**

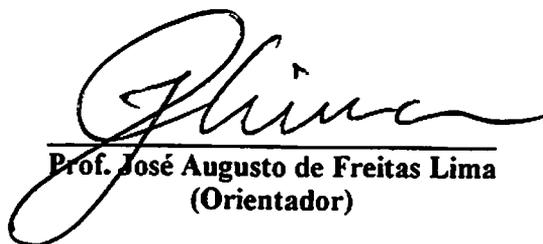
APROVADA em 05 fevereiro de 1999

Prof. Antônio Gilberto Bertechini

Prof. Elias Tadeu Fialho

Prof. Joel Augusto Muniz

Prof. Júlio César Teixeira



**Prof. José Augusto de Freitas Lima
(Orientador)**

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL**

A Ângela, minha noiva,
OFEREÇO

Aos meus pais,
Marilda e Dermeval,
DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, pela minha formação profissional.

Ao CNPq, pela bolsa de estudos.

À FAPEMIG, pelo financiamento da pesquisa.

Ao Prof. José Augusto de Freitas Lima, pela orientação e amizade.

Ao Prof. Elias Tadeu Fialho, pelo apoio e amizade.

Aos Professores Júlio César, Bertechini e Joel, pelas sugestões.

Ao funcionário José Geraldo Vilas Boas.

Aos funcionários do estábulo do Departamento de Zootecnia da UFLA.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA.

Aos bolsistas Eliana, Danilo, Fernanda e Cláudia, pelo auxílio na condução dos experimentos e análises laboratoriais.

Aos colegas de Doutorado, Ingrid, Willibaldo, Robson, Vera, Luis e Carla pelo companheirismo.

Aos amigos Gláucio (*in memorian*), Daniel, Gustavo, Delacyr, Marcelo e Geraldo.

Às minhas irmãs, pelo incentivo e apoio.

A todos que ajudaram de alguma forma.

BIOGRAFIA

KLEBER VILLELA ARAÚJO, filho de Dermeval Araújo e Marilda Villela Araújo, nasceu em Cruzília, Minas Gerais, em 5 de maio de 1968.

Graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras em abril de 1992. No mesmo ano iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, também na UFLA, na área de Nutrição de Monogástricos, concluindo-se em 10 de junho de 1994.

Em janeiro de 1993, passou a integrar o quadro de Técnicos Credenciados da Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM).

Iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia na Universidade Federal de Lavras em março de 1995, defendendo a Tese em 5 de fevereiro de 1999.

Atualmente, faz parte do quadro de Professores da Escola Agrotécnica Federal de Urutaí/UNED, em Morrinhos, Estado de Goiás.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	i
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
CAPÍTULO 1.....	1
1 Introdução geral.....	1
2 Referencial teórico.....	3
2.1 Particularidades digestivas dos eqüinos.....	3
2.2 Digestibilidade.....	5
2.3 Métodos para determinar a digestibilidade dos nutrientes em eqüinos...	8
2.3.1 Coleta total.....	8
2.3.2 Indicadores.....	10
2.3.2.1 Cinza insolúvel em ácido clorídrico.....	11
2.3.2.2 Cinza insolúvel em detergente ácido.....	14
2.3.2.3 Lignina.....	15
2.3.3 Técnica do saco de náilon móvel.....	17
2.3.3.1 Fatores que afetam a digestibilidade dos nutrientes através da técnica do saco de náilon móvel.....	20
2.3.3.1.1 Tempo de passagem e tamanho do sacos de náilon.....	20
2.3.3.1.2 Porosidade do saco de náilon.....	21
2.3.3.1.3 Relação amostra/área de saco de náilon.....	22
2.3.3.1.4 Contaminações e impregnações.....	23
2.3.3.1.5 Efeito da ração.....	24
2.3.3.1.6 Granulometria da amostra.....	25

	Página
2.3.3.1.7 Lavagem dos sacos de náilon.....	28
2.3.3.1.8 Perdas físicas dos sacos de náilon.....	29
3 Referências bibliográficas.....	30
CAPÍTULO 2: Comparação da técnica do saco de náilon móvel com o método de coleta total para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes de alimentos volumosos.....	39
1 Resumo.....	39
2 Abstract.....	40
3 Introdução.....	41
4 Referencial teórico.....	42
5 Material e métodos.....	45
5.1 Local.....	45
5.2 Ensaios.....	46
5.2.1 Tratamentos.....	46
5.2.2 Período experimental e animais utilizados.....	47
5.2.3 Manejo e alimentação dos animais.....	48
5.2.4. Preparo dos sacos de náilon.....	49
5.2.5. Coleta das amostras.....	50
5.2.6 Preparo das amostras e análises laboratoriais.....	51
5.2.7 Cálculo dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes....	52
5.2.8 Delineamento experimental.....	54
6 Resultados e discussão.....	55
6.1 Consumo dos nutrientes.....	55
6.2 Tempo de passagem e recuperação dos sacos de náilon.....	58
6.3 Granulometria das amostras.....	60
6.4 Desaparecimento dos nutrientes pela lavagem dos sacos de náilon em água.....	61

	Página
6.5 Digestibilidade dos nutrientes.....	64
7 Conclusões.....	68
8 Referências bibliográficas.....	68
CAPÍTULO 3: Comparação da técnica do saco de náilon móvel com o método de coleta total para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes de alimentos concentrados.....	73
1 Resumo.....	73
2 Abstract.....	74
3 Introdução.....	75
4 Referencial teórico.....	76
5 Material e métodos.....	79
5.1 Local.....	79
5.2 Ensaios.....	79
5.2.1 Tratamentos.....	80
5.2.2 Período experimental e animais utilizados.....	80
5.2.3 Manejo e alimentação dos animais.....	81
5.2.4. Preparo dos sacos de náilon.....	82
5.2.5. Coleta das amostras.....	82
5.2.6 Preparo das amostras e análises laboratoriais.....	82
5.2.7 Cálculo dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes....	84
5.2.8 Delineamento experimental.....	84
6 Resultados e discussão.....	85
6.1 Consumo dos nutrientes.....	85
6.2 Tempo de passagem e recuperação dos sacos de náilon.....	88
6.3 Granulometria das amostras.....	90
6.4 Desaparecimento dos nutrientes pela lavagem dos sacos de náilon em água.....	91

	Página
6.5 Digestibilidade dos nutrientes.....	94
7 Conclusões.....	97
8 Referências bibliográficas.....	97
CAPÍTULO 4: Comparação dos indicadores internos com o método de coleta total para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes de alimentos volumosos.....	101
1 Resumo.....	101
2 Abstract.....	102
3 Introdução.....	103
4 Referencial teórico.....	104
5 Material e métodos.....	107
6 Resultados e discussão.....	111
6.1 Consumo dos nutrientes.....	111
6.2 Digestibilidade dos nutrientes e recuperação dos indicadores.....	113
7 Conclusões.....	119
8 Referências bibliográficas.....	119
CAPÍTULO 5: Comparação dos indicadores internos com o método de coleta total, para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas mistas.....	123
1 Resumo.....	123
2 Abstract.....	124
3 Introdução.....	125
4 Referencial teórico.....	126
5 Material e métodos.....	128
6 Resultados e discussão.....	131
6.1 Consumo dos nutrientes.....	131
6.2 Digestibilidade dos nutrientes e recuperação dos indicadores.....	133

	Página
7 Conclusões.....	138
8 Referências bibliográficas.....	139
ANEXOS.....	142

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MS	Matéria seca
MO	Matéria orgânica
PB	Proteína bruta
FB	Fibra bruta
EB	Energia bruta
ED	Energia digestível
EE	Extrato etéreo
FDN	Fibra em detergente neutro
FDA	Fibra em detergente ácido
HE	Hemicelulose
N	Nitrogênio
N¹⁵	Nitrogênio quinze
4N	4 normal
2N	2 normal
0,01N	0,01 normal
CIA	Cinza insolúvel em ácido clorídrico
CIDA	Cinza insolúvel em detergente ácido
HCl	Ácido clorídrico
KmnO₄	Permanganato de potássio
DGP	Diâmetro geométrico das partículas

RESUMO

ARAÚJO, K. V. Métodos para determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes em eqüinos. Lavras: UFLA, 1999. 155p. (Tese de Doutorado em Nutrição Animal - Monogástricos)*

Foram realizados quatro experimentos subdivididos em oito ensaios no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras-MG, objetivando medir a precisão da técnica do saco de náilon móvel e dos indicadores internos, em relação ao método de coleta total, para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes em eqüinos. Foram utilizados seis cavalos adultos sem raça definida e com idade média de sete anos. Nos quatro experimentos foram comparados os valores de digestibilidade através da técnica do saco de náilon móvel com amostra moída em três diferentes granulometrias com o método de coleta, e ao mesmo tempo foram comparados à digestibilidade obtida por meio da cinza insolúvel em HCl (CIA), cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA) e lignina, com método de coleta total. Os alimentos teste usados foram: o feno de coast-cross, capim elefante, milho e farelo de soja nos experimentos 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Foi utilizado um delineamento em blocos casualizados, em que cada cavalo constituiu o bloco e os métodos de determinação da digestibilidade os tratamentos. Os resultados mostraram que para o feno de coast-cross a técnica do saco de náilon móvel com amostra moída a 1mm é um bom método para estimar a digestibilidade aparente da MS, EB e hemicelulose. Para o capim elefante, a amostra moída a 5mm é precisa para estimar a digestibilidade aparente da MS, EB e FDN. A técnica do saco de náilon não se mostrou precisa para estimar a digestibilidade dos nutrientes do milho e farelo de soja, necessitando de melhor ajuste. Para os indicadores internos, os resultados mostraram que a CIA e CIDA foram eficientes para estimar a digestibilidade dos nutrientes dos alimentos estudados, enquanto a lignina subestimou os valores de digestibilidade, devido a sua baixa recuperação nas fezes.

* Comitê Orientador: José Augusto de Freitas Lima (Orientador), Antônio Gilberto Bertechini, Elias Tadeu Fialho, Joel Augusto Muniz e Júlio César Teixeira.

ABSTRACT

ARAÚJO, K. V. **Methods for determination of the apparent digestibility of nutrient in equine.** Lavras: UFLA, 1999. 155p. (Doctor's Thesis in Monogatric Animal Nutrition)*

Four experiments subdivided in eight assay were carried out at the Department of Animal Sciences of Universidade Federal de Lavras – MG, in order to verify the accuracy of technique of the mobile nylon bag and of the internal indicators relative to the total collection method to estimate the apparent digestibility of nutrients in equine. Six adult horses without a definite breed and means of seven years old were utilized. In four experiments digestibility values were compared through the mobile nylon bag technique with sample ground at three different granulometries method and at the same time the digestibility obtained by means of HCl insoluble ash (AIA), acid detergent insoluble ash (ADIA) and lignin were compared with total collection method. The test feeds used were: coast-cross hay, elephante grass, corn and soybean meal in the experiments 1, 2, 3, and 4, respectively. It was utilized a randomized block design each horse made up the block and the treatments were formed by the methods of digestibility . The results showed that for coast-cross hay, the mobile nylon bag technique with sample ground at 1mm was a good method for estimating the apparent digestibility of DM, GE and hemicelulose. The elephante grass, the sample ground at 5mm shown to be precise to estimate the apparent digestibility of DM, GE na NDF. The nylon bag mobile technique did not shown to be accurate to estimate the digestibility of the nutrients of corn and soybean meal and need bether adjustment. The results of internal indicators shown that both AIA and ADIA were efficient to estimate the nutrients of the feeds studied, while lignin underestimated the digestibility values due to its low recovery in the feces.

* Guidance Committee: José Augusto de Freitas Lima (Adviser), Antônio Gilberto Bertechini, Elias Tadeu Fialho, Joel Augusto Muniz and Júlio César Teixeira.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

Até o advento do motor de explosão, no princípio do século XX, os eqüinos de modo geral constituíam um elemento imprescindível para o transporte, lavoura e mobilidade dos exércitos. Com o desenvolvimento da mecanização, a eqüideocultura perdeu parte de sua importância e, conseqüentemente, houve redução dos rebanhos em todo o mundo.

Nos últimos 30 anos, principalmente na Europa e nos EUA, a eqüideocultura voltou a ter um novo impulso, visando a criação de animais destinados ao esporte, lazer e produção de carne.

Apesar de o Brasil possuir o terceiro maior rebanho de eqüídeos do mundo com cerca de 9,5 milhões de animais, estes se encontram subutilizados, visto que, em mais de 3 milhões de propriedades rurais com área igual ou inferior a 10 hectares, somente 30% trabalham com tração animal. Ainda assim, em pequenas e médias propriedades agrícolas com topografia acidentada, a tração animal figura como importante fonte de potência para os trabalhos agrícolas, aumentando no mínimo dezesseis vezes a força de trabalho do homem.

Dentre os fatores limitantes na criação de eqüinos no Brasil, a alimentação é um dos pontos mais importantes, representando cerca de 70 a 80% do custo de produção. Uma alimentação correta associada a um manejo adequado resulta em animais com bom desenvolvimento muscular e ósseo,

resultando numa maior longevidade, eficiência no trabalho e melhor desempenho reprodutivo. A formulação de rações para eqüinos no Brasil tem se baseado na composição de alimentos avaliados em países de condições climáticas e raças diferentes das nossas. Este fato salienta a necessidade de se desenvolver pesquisas em condições brasileiras, envolvendo nutrição e alimentação, que possam maximizar a eficiência de utilização dos alimentos pelos eqüídeos.

Uma das formas de se avaliar os alimentos para eqüinos é medindo-se a digestibilidade aparente ou verdadeira em todo ou em partes do trato digestivo. Para se determinar a digestibilidade dos nutrientes nos alimentos existem várias técnicas como o método de coleta total, o uso de indicadores e, recentemente, o uso da técnica do saco de náilon móvel. O uso dos indicadores tem uma grande importância nos estudos onde não se consegue fazer a coleta total de fezes, como em condições de pastejo e nas digestões parciais. A técnica do saco de náilon móvel apresenta algumas vantagens, principalmente pela maior rapidez e simplicidade, porém faz-se necessário um melhor ajuste.

Nesta pesquisa objetivou-se medir a precisão da técnica do saco de náilon móvel e dos indicadores internos em relação ao método de coleta total para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes de alimentos volumosos e concentrados em eqüinos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Particularidades digestivas dos eqüinos

Os eqüinos são herbívoros não ruminantes e a anatomia do seu aparelho digestivo se caracteriza pela presença de um estômago pequeno e intestino grosso muito desenvolvido capaz de digerir alimentos fibrosos com maior eficiência que outros animais não ruminantes. Portanto, os eqüinos são considerados uma espécie privilegiada, pois aproveitam os alimentos concentrados, ricos em carboidratos prontamente disponíveis antes do ataque da microflora, o que não ocorre com os ruminantes.

7 Os eqüinos têm uma fisiologia digestiva com características específicas: mastigação eficiente, taxa de passagem gástrica rápida, digestão enzimática intensa no intestino delgado e ação microbiana prolongada no intestino grosso (Wolter, 1975).

8 Estes animais possuem mastigação muito potente, por isso a tornam metódica e completa, sendo acompanhada pela produção abundante de saliva que contém uma concentração muito baixa de amilase, praticamente sem tempo de atuar e com uma ação pré-gástrica totalmente desprezível (Tisserrand, 1983).

A deglutição de alimento no cavalo é irreversível em razão do desenvolvimento do véu palatino, que impede o retorno do bolo alimentar do esôfago para a boca e também impede a expulsão pelas vias nasais (Tisserand, 1983).

9 O estômago do cavalo é pequeno em relação ao tamanho corporal com capacidade para 8 a 15 litros ou 10% do trato digestivo. Por este motivo, os

alimentos não permanecem no estômago por muito tempo (menos de 2 horas), esvaziando-se de 6 a 8 vezes por dia. Devido a essa pequena capacidade, o bolo alimentar é estratificado, sendo que a ordem de chegada dos alimentos condiciona a ordem de saída, permanecendo apenas o último terço do bolo que sofrerá, com maior intensidade, a ação do suco gástrico (Wolter, 1975).

Segundo Kern et al. (1973), pouco se sabe sobre a fisiologia dos microrganismos no trato gastro-intestinal do equinos, bem como a população microbiana cecal. Estes autores constataram que no ceco e cólon a população microbiana é da ordem de 5 a 7×10^9 microrganismos/g de conteúdo digestivo, descendo a metade no cólon terminal. Dentre os principais representantes dessa população, destacam-se os bacilos gram-negativos e as estirpes identificadas com mais freqüência pertencem ao gênero *Streptococcus bovis* e *equinus*, *Bacteroides* e *Lactobacillus*. Os protozoários encontrados no rúmen de novilhos são diferentes daqueles presentes no ceco dos cavalos.

Uden e Van Soest (1982a) afirmaram que, devido à digestão e absorção de carboidratos solúveis e da proteína ocorrerem antes do intestino grosso, pouco substrato além do material fibroso atinge o ceco dos equinos, podendo prejudicar a população de microrganismos, diminuindo assim o aproveitamento dos carboidratos estruturais.

☞ O fluxo da digesta no tubo digestivo dos animais é influenciado por vários fatores como a espécie, idade, estado fisiológico, exercícios, temperatura ambiente, ingredientes da dieta, tamanho da partícula, freqüência de alimentação e teor de fibra da ração (Warner, 1981). De acordo com Wolter (1975), a velocidade de trânsito do alimento no trato digestivo do cavalo está entre a dos animais monogástricos não herbívoros e dos ruminantes. Vander Noot et al. (1967) mediram o tempo de passagem do óxido crômico pelo trato digestivo de cavalos adultos e obtiveram uma recuperação de 99,8% após as 96 horas do início da alimentação. Concluíram que quatro dias de coletas são suficientes para

experimentos de digestão, porém sugerem cinco dias para reduzir as diferenças individuais dos animais. Entretanto, Alexander, citado por Robinson e Slade (1974), usando partículas coloridas e Haenlein, Smith e Yoon (1966), usando óxido crômico, obtiveram 100% de recuperação nas 48 horas subseqüentes à alimentação. Hintz e Loy (1966) encontraram valores de tempo de passagem intermediários, sendo que 99% das partículas de polietileno foram recuperadas 63 horas após a alimentação.

2.2 Digestibilidade

Para se medir a quantidade do nutriente presente no alimento que está sendo aproveitada pelo animal, usa-se a digestibilidade aparente total ou parcial ou digestibilidade verdadeira total ou parcial. Na determinação da digestibilidade verdadeira são consideradas as perdas endógenas do trato digestivo, portanto, é mais precisa para avaliar os alimentos, principalmente a proteína, em relação à digestibilidade aparente. Desta forma, quanto maior a digestibilidade de um alimento, maior será a quantidade de nutrientes fornecidos para os processos de manutenção, crescimento, reprodução e trabalho.

3 Segundo Olsson e Ruudvere (1955), uma série de fatores afetam a digestão nos eqüinos: individualidade do animal, composição química do alimento, capacidade de alimentação, tipo de trabalho, a granulometria e conteúdo de água nos alimentos, velocidade de trânsito dos alimentos no trato digestivo e a quantidade de fibra presente na ração.

Além dos fatores citados, o tratamento a que são submetidos os alimentos pode influenciar a sua digestão. Haenlein, Holdren e Yoon (1966) compararam os coeficientes de digestibilidade do feno de alfafa nas formas de pelete, *wafér* e farelada, e encontraram que o coeficiente de digestibilidade da fibra foi cerca de 15% menor na forma de pelete em relação às demais. No

entanto, outras pesquisas não encontraram diferenças nos coeficientes de digestibilidade entre as diferentes formas de processamento de ração (Manzano e Carvalho, 1978; Todd et al., 1995).

O nível de consumo parece não afetar a digestibilidade de forragens em equinos. Martin-Rosset et al. (1990) estudaram a influência do nível de consumo na digestibilidade dos nutrientes de uma ração contendo 85% de feno e 15% de concentrado em cavalos adultos de raças leves e encontraram que a alimentação dos cavalos ao nível de manutenção e 1,6 vez acima dele não afetou os coeficientes de digestibilidade da MS, MO, PB, FB e EB. Resultados semelhantes foram encontrados por Todd et al. (1995) quando alimentaram cavalos adultos ao nível de manutenção e 1,4 vez acima dele com feno de alfafa na forma de cubos. Os resultados demonstraram não ter havido diferença nos coeficientes de digestibilidade da MS, EB e PB e no tempo de trânsito da digesta entre os dois níveis de consumo. Entretanto, Pereira et al. (1989) observaram um aumento nos coeficientes de digestibilidade da MS, PB e EB com aumento do consumo voluntário de MS assim como da proporção de concentrado na ração.

Hintz (1969) comparou a digestibilidade de diversos alimentos entre bovinos e eqüinos. Nos alimentos que continham menos de 15% de FB não foram detectadas diferenças entre as duas espécies nos coeficientes de digestibilidade, porém, quando o teor de FB foi maior que 15%, os coeficientes de digestibilidade da MO e FB obtidos com os eqüinos foram inferiores aos dos bovinos. No entanto, Vander Noot e Gilbreath (1970) constataram que os eqüinos digerem fibra de gramíneas de média qualidade com cerca de 2/3 da eficiência dos bovinos. Uden e Van Soest (1982a) justificaram esses resultados pelo fato de os eqüinos apresentarem uma taxa de passagem mais rápida pelo trato digestivo e, com isso, o tempo de permanência do alimento no trato digestivo é menor, reduzindo, dessa forma, a ação microbiana.

Os cavalos e pôneis parecem ser bastante semelhantes em sua capacidade de digerir os alimentos (Slade e Hintz, 1969). Recentemente Hintz (1990), em uma extensiva revisão de literatura, concluiu que os valores médios de digestibilidade da MS e EB obtidos com pôneis foram maiores do que aqueles encontrados com cavalos, mas a diferença foi muito pequena, justificando o uso de pôneis com um peso mínimo de 132kg em estudos de digestão para avaliar alimentos para cavalos.

Os muarees possuem uma maior capacidade de digestão de FDA e FDN do que os cavalos e pôneis, provavelmente pelo fato de serem capazes de reter mais partículas alimentares por longo tempo no aparelho digestivo em comparação a outros animais (Cuddeford et al., 1995).

Segundo pesquisas realizadas por Butler e Hintz citados por Cunha (1991), demonstraram que os fornecimentos de 1, 2 e 6 alimentações diárias a pôneis não afetaram os coeficientes de digestibilidade da MS, PB, FDN e FDA, quando foi usada uma ração peletizada. Concluiu-se, então, que a frequência de alimentação não afeta a eficiência da digestão em cavalos, mas recomenda-se no mínimo dois fornecimentos diários para evitar distúrbios digestivos. Carvalho (1992) verificou a influência da ordem de fornecimento de volumoso e concentrado na alimentação de eqüinos, por meio de um ensaio de digestibilidade. Os resultados demonstraram que o fornecimento do volumoso antes do concentrado ou ambos misturados proporcionaram os melhores coeficientes de digestibilidade.

2.3 Métodos para determinar digestibilidade dos nutrientes em equinos

Os métodos mais empregados para determinar a digestibilidade dos nutrientes em equinos são: coleta total, usando gaiolas metabólicas ou outras modificações, indicadores externos e internos, método *in vitro* e *in situ* e, recentemente, a técnica do saco de náilon móvel.

2.3.1 Coleta total

O método de coleta total, chamado de convencional ou padrão, consiste no controle total do alimento ingerido e na coleta total das excreções dos animais. Dentre os métodos de coleta total mais utilizados na determinação da digestibilidade do nutrientes em equinos, destacam-se as gaiolas metabólicas, bolsas coletoras de fezes e baias com pisos e paredes impermeabilizadas.

O desenvolvimento do método convencional para determinação da digestibilidade inaugurou-se praticamente com os primeiros estudos sobre balanços nutricionais realizados por Boussinggalt, citado por Maynard e Loosli (1966). As dificuldades inerentes à coleta quantitativa das fezes fizeram com que os pesquisadores empregassem bolsas coletoras como as mostradas por Gorski et al. (1957) para bovinos e as por Vander Noot, Fannesbeck e Lydman (1965) para equinos.

Segundo Parkins, Snowd e Adams (1982), a coleta total de fezes em equinos através de sacos implica no uso de arreios apropriados com sacos de coleta de elevado custo e técnicos experientes. Alguns animais não se adaptam ao sistema devido ao arreamento, além de ser necessária a troca dos sacos de 4 a 5 vezes por dia, impossibilitando também que os animais sejam exercitados.

Com intuito de superarem as dificuldades das bolsas coletoras, para mantê-las limpas, conservadas e ajustadas, as gaiolas de metabolismo

começaram a ser amplamente usadas (Haenlein, Holdren e Yoon, 1966; Stillions e Nelson, 1968).

Vander Noot, Fannesbeck e Lydman (1965) afirmaram que as gaiolas metabólicas devem possibilitar a coleta, separadamente, de fezes e urina, sem contaminação e favorecer a redução de volatilização do nitrogênio. Em pesquisa conduzida com asininos em gaiolas metabólicas por Knapka et al. (1967) foram observadas mudanças no comportamento dos animais e alterações nos coeficientes de digestibilidade.

No Brasil, em pesquisas realizadas para se determinar a digestibilidade dos alimentos com eqüinos, foram utilizadas baias comuns, com pisos e paredes impermeabilizadas, sendo as coletas de fezes feitas diretamente no piso (Veiga et al., 1974; Manzano e Carvalho, 1978; Pereira et al., 1989; Pereira, Queiroz e Carmo, 1995). Porém, esse método necessita de equipamentos apropriados para que se proceda a coleta separada de urina e fezes, incluindo um colar nos animais, evitando assim, plantões de 24 horas e as contaminações de fezes com urina.

Stillions e Nelson (1968) desenvolveram uma gaiola de metabolismo para eqüinos machos semelhante às utilizadas com bovinos. Os animais foram mantidos nessas gaiolas por um período de três meses, onde não tendo verificado nenhum problema de edema e consumo de alimento quando foram devidamente exercitados. Recentemente, Furtado e Tosi (1996), adaptaram a gaiola desenvolvida por Stillions e Nelson (1968) para as condições brasileiras. O modelo proposto foi avaliado através de experimentos conduzidos com potros da raça Brasileiro de Hipismo, tendo os animais foram mantidos por sete dias sem se exercitar. Os autores concluíram que os animais se adaptaram adequadamente ao confinamento total nas gaiolas de metabolismo, permanecendo em pé durante todo o período experimental, sem necessidade de

exercícios diários, permitindo a coleta de fezes e urina sem perdas e contaminações, além do controle no fornecimento de água.

2.3.2 Indicadores

Segundo Kotb e Luckey (1972) os indicadores podem ser classificados em duas categorias: A - indicadores absorvíveis e B - indicadores não absorvíveis fecais, sendo que esta última categoria tem sido usada na maioria das pesquisas, que se envolvem o uso destas substâncias. Os indicadores fecais se subdividem em indicadores internos e externos; os externos são adicionados à ração ou administrados por outra via ao animal, enquanto os internos ocorrem naturalmente nos alimentos.

Coelho da Silva e Leão (1979) descreveram as características ideais dos indicadores fecais: 1 - não devem ser digeridos e nem absorvidos; 2 - não devem ter efeito farmacológico no aparelho digestivo; 3 - devem-se misturar uniformemente com a digesta; 4 - devem ser dosados analiticamente com segurança e rapidez e 5 - que seja preferivelmente constituinte natural do alimento.

Os indicadores fecais apresentam várias aplicações em estudos nutricionais como: estimar a quantidade de alimento ou nutriente consumido; medir o tempo e taxa de passagem da digesta total ou em qualquer parte do trato digestivo; estimar a digestibilidade total ou parcial dos alimentos; em estudos de balanço; e especialmente, para estudar o consumo e digestibilidade de forragens em condições de pastejo (Kotb e Luckey, 1972).

Em geral, os indicadores fecais apresentam duas vantagens nos estudos de digestibilidade: a primeira é que poderá substituir a coleta total de fezes por amostras aleatórias, tendo maior importância nos experimentos de animais de grande porte, reduzindo, assim, os custos e trabalho. A segunda vantagem é a

possibilidade de corrigir a perda fecal, que talvez tenha mais importância em estudos de metabolismo humano porque as coleta de fezes normalmente são incompletas (Kotb e Luckey, 1972).

Na literatura consultada existem poucas pesquisas com o uso de indicadores internos para estimar a digestibilidade dos nutrientes em eqüinos. A lignina é um dos indicadores mais estudados, enquanto a cinza insolúvel em detergente ácido e cinza insolúvel em HCl apresentam alguns resultados promissores.

2.3.2.1 Cinza insolúvel em ácido clorídrico (CIA)

Os resultados insatisfatórios obtidos com uso principalmente do óxido crômico levaram a estudos da cinza insolúvel em ácido clorídrico (CIA) como indicador interno.

O primeiro relato do uso satisfatório da CIA como indicador interno foi com carneiros, no qual se obteve uma recuperação de 91,2% a 108,7% e valores de digestibilidade semelhantes aos do método de coleta total (Shrivastava e Talapatra, citados por McCarthy, Bowland, e Aherne, 1977).

Posteriormente a CIA foi usada para estimar a digestibilidade em rações para suínos (McCarthy, Aherne e Okai, 1974; McCarthy, Bowland, e Aherne, 1977; Yen et al., 1983), aves (Vogtmann, Pfirter e Prabucki, 1975), eqüinos (Sutton, Bowland e McCarthy, 1977), bovinos (Thonney et al., 1979; Cortada e Velloso, 1987) e cabras (Carvalho, 1989), cujos resultados foram bastantes precisos quando comparados com o método de coleta total.

McCarthy, Aherne e Okai (1974) comparando a digestibilidade da energia bruta e do nitrogênio por meio do método de coleta total, óxido crômico e CIA HCl 4N com suínos, encontraram que a CIA foi melhor que o óxido crômico para estimar a digestibilidade. Com eqüinos, Sutton, Bowland e

McCarthy (1977) também não encontraram diferenças entre os coeficientes de digestibilidade da energia bruta e nitrogênio estimados pela CIA HCl 4N e pelo método de coleta total.

Objetivando verificar qual o melhor procedimento analítico para determinar a CIA HCl, Van Keulen e Young (1977) compararam o coeficiente de digestibilidade da MS de oito rações em ovinos através da CIA HCl 2N, CIA HCl 4N, CIA HCl concentrado, com o método de coleta total. Os autores concluíram que os três procedimentos analíticos foram eficientes para determinar a digestibilidade, visto que os coeficientes de digestibilidade da MS não diferiram daqueles determinados pelo método de coleta total. Contudo, a CIA HCl 2N foi o procedimento mais simples e com maior aproximação do método de coleta total. Em pesquisa realizada com bovinos alimentados com feno de coast-cross, também foi verificado que a CIA HCl concentrado e CIA HCl 2N estimaram os coeficientes de digestibilidade da MS, PB, FB, EE e EB com a mesma precisão que o método de coleta total (Cortada e Velloso, 1987).

Algumas modificações foram propostas para aumentar o teor de CIA na ração de suínos, como a adição de *celite*. Os resultados obtidos com suínos demonstraram que não há necessidade de adicionar o *celite* às rações, pois o coeficiente de digestibilidade da EB e nitrogênio foram similares com e sem adição de *celite* (McCarthy, Aherne e Okai, 1974; McCarthy, Bowland e Aherne, 1977).

Pesquisa conduzida com bovinos alimentados com diferentes proporções de concentrado (0%, 20%, 40%, 60% e 80%) na ração, com o objetivo de comparar o coeficiente de digestibilidade da MS por meio da CIA HCl 2N e pelo método de coleta total, permitiu concluir que a CIA pode ser usada para determinar a digestibilidade de rações compostas de feno e concentrado em bovinos, pois o coeficiente de digestibilidade da MS entre os dois métodos foi semelhante (Thonney et al., 1979).

Machado (1992) comparou a eficiência da CIA HCl 2N cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA) para estimar a digestibilidade dos nutrientes em eqüinos alimentados com diferentes combinações de capim elefante e cana-de-açúcar, com o método de coleta total. O autor concluiu que tanto a CIA como CIDA mostraram-se eficientes para estimar a digestibilidade dos nutrientes em eqüinos, com os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes obtidos por meio dos indicadores semelhantes àqueles determinados pelo método de coleta total.

A recuperação da CIA nas fezes tem mostrado pouca variação nas diferentes espécies. Dentro da literatura consultada, nos resultados obtidos com suínos a variação de recuperação foi de 95,8 a 103,0% (Van Keulen e Young, 1977), com bovinos foi de 81,98 a 109,46% (Oliveira, 1990; Cortada e Velloso, 1987) e com eqüinos foi de 96,38 a 109,81% (Machado, 1992).

A maioria das pesquisas em que comparou a digestibilidade dos alimentos, através da CIA com método de coleta total, mostrou que os animais foram alimentados com uma quantidade restrita de alimento, ou seja, sem sobras. Block, Kilmer e Muller (1981) determinaram a precisão da CIA para estimar a digestibilidade da MS com carneiros e vacas de leite alimentados *ad libitum* com 5 a 10% de sobra de alimento. Os autores concluíram que os valores de digestibilidade obtidos por meio da CIA podem ser questionáveis em relação ao método de coleta total, exceto quando se toma certas precauções, como: o alimento oferecido e a sobra serem pesados regularmente e amostrados; os animais serem alimentados para assegurar uma sobra menor que 10% do oferecido; ter um número suficiente de animais e a ração ser devidamente misturada para limitar a seleção.

Thonney et al. (1984) verificaram que uma ração ou alimento que contém um teor de 0,75% de CIA ou mais na matéria seca pode ser usado com precisão para estimar a digestibilidade dos nutrientes em ruminantes.

2.3.2.2 Cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA)

A cinza residual da determinação da fibra em detergente ácido, conhecida como CIDA, pode ser usada como indicador interno. Ela, tem sido empregada para estimar a digestibilidade dos nutrientes em cabras (Carvalho, 1989), em bovinos (Oliveira, 1990) e em eqüinos (Machado, 1992) com resultados satisfatórios.

Carvalho (1989), trabalhando com cabras, comparou a digestibilidade dos nutrientes de uma ração composta de silagem de milho, fubá, farelo de soja e uréia por meio da lignina, CIA, CIDA e método de coleta total. A CIA e CIDA mostraram-se eficientes para estimar a digestibilidade dos nutrientes, com coeficientes semelhantes àqueles obtidos pelo método de coleta total. Resultados obtidos por Oliveira (1990) com bovinos também demonstraram que a CIDA como indicador foi confiável para estimar a digestibilidade dos nutrientes em rações contendo 30 e 50% de concentrado.

O uso da CIDA para estimar a digestibilidade total dos nutrientes em eqüinos parece restringir-se à pesquisa de Machado (1992), no qual se avaliou a digestibilidade dos nutrientes de diferentes combinações de capim elefante com cana-de-açúcar, através da CIDA, outros indicadores e o método de coleta total. A CIDA mostrou-se eficiente para estimar a digestibilidade dos nutrientes em eqüinos, com uma percentagem de recuperação média de 98,21% e com os coeficientes de digestibilidade da MS, MO PB, FDN, FDA e hemicelulose similares aos obtidos pelo método de coleta total.

Sherrod et al., citados por Carvalho (1989), trabalhando com nível de CIDA próximo ou maior que 3% na ração, não encontraram diferenças na determinação da digestibilidade da MS, MO, parede celular e conteúdo celular, quando a CIDA foi comparada ao método de coleta total. Porém, em rações em

que o nível de CIDA foi menor que 3%, os resultados de digestibilidade foram subestimados, devido à dificuldade de recuperação.

2.3.2.3 Lignina

A lignina tem sido historicamente classificada em lignina central e não central. A lignina central consiste de polímeros altamente condensados, formados pela polimerização dehidrogenativa dos álcoois hidroxicinamyl, p-coumaril, coniferil e sinapil. A lignina não central inclui ácidos fenólicos esterificados e eterificados, os quais são ligados à lignina central ou diretamente a polissacarídeos da parede celular. A lignina não central é extraída com álcali ou ácido, enquanto a lignina central é resistente a estes reagentes (Moore e Htfield, 1994).

Numa revisão realizada por Kotb e Luckey (1972), os resultados obtidos por vários autores, de 1871 a 1970, com diferentes espécies animais, foram bastante contraditórios. Alguns autores encontraram que a lignina não é digerida e apresenta uma recuperação em torno de 100%, enquanto outros observaram que ela é digerida, chegando a valores de 42%. Van Soest (1994) afirma que gramíneas imaturas e outras forragens com baixo conteúdo de lignina, normalmente, apresentam uma digestibilidade da ordem de 20 a 40%.

Fahey e Jung (1983) revisaram o uso da lignina como indicador, principalmente para animais ruminantes. A digestibilidade da lignina foi descrita em rações com 100% a até 10% de forragem e 90% concentrado, sendo que a maior parte da digestão aparente da lignina ocorreu no rúmen, mas modificações na estrutura também parecem ocorrer no intestino delgado. Os autores concluíram que a lignina deverá ser usada como indicador, somente quando existirem evidências de que a sua recuperação fecal é alta. Entretanto, Van Soest

(1994) recomenda o uso da lignina, como indicador em rações que apresentam alto conteúdo de lignina, especialmente acima de 5% na matéria seca.

Vários são os fatores que afetam a recuperação da lignina. Para Muntifering (1982) as prováveis razões são: diferenciação dos monômeros fenólicos da lignina original (digestão verdadeira); digestão aparente obtida pela formação de complexos solúveis lignina-carboidratos; destruição parcial da lignina fecal pelos reagentes usados nos métodos analíticos e as diferenças físicas e/ou químicas entre os alimentos e as fezes na natureza do material definido, como lignina.

Segundo Van Soest (1994), os métodos para analisar quantitativamente a lignina podem ser classificados em três categorias: 1 – métodos gravimétricos (todas as modificações do procedimento de Klason); 2 – métodos medidos por diferença após a remoção da lignina; e 3 – métodos medidos por absorvância.

A fim de verificar a precisão de três procedimentos analíticos para determinar a lignina, Muntifering (1982) comparou os valores de digestibilidade do nutriente e a recuperação da lignina permanganato (KMnO_4), lignina detergente ácido e lignina solúvel em acetil de bromo com método do óxido crômico em três diferentes rações, com carneiros. Os resultados demonstraram que a média de recuperação em todas as rações da lignina KMnO_4 , lignina detergente ácido, lignina solúvel em acetil de bromo e método do óxido crômico foram 78,0%, 78,4%, 65,0% e 97,5%, respectivamente, e as estimativas de digestibilidade da MO foram semelhantes entre óxido crômico, lignina KMnO_4 , lignina detergente ácido e superestimado pela lignina solúvel em acetil de bromo. Os autores concluíram que a escolha do método analítico e a extensão da recuperação da lignina afetam drasticamente a interpretação do fluxo da digesta; e a análise por espectrofotometria de compostos fenólicos, como a lignina solúvel em acetil de bromo, não ofereceu melhora sobre os métodos gravimétricos.

Em equinos, Fannesbeck (1968) encontrou variações na digestibilidade da lignina de leguminosas de -15,60 a 4,80%, e de gramíneas, de zero a 16,40%. Maurício (1993) comparou os valores de digestibilidade de uma ração composta de feno de coast-cross e concentrado, estimados por meio da lignina e óxido crômico, com o método de coleta total. Os resultados mostraram que a lignina e óxido crômico subestimaram os coeficientes de digestibilidade da MS, PB, EB, FDN e FDA, devido às suas baixas recuperações. Resultado semelhante foi obtido por Machado (1992) com potros alimentados com diferentes combinações de cana-de-açúcar e capim elefante, em que a lignina apresentou uma recuperação média de 58,33%, sendo, portanto, ineficiente para estimar a digestibilidade dos nutrientes em equinos.

2.3.3 Técnica do saco de náilon móvel

Os métodos normalmente empregados para avaliar a digestibilidade do nutrientes dos alimentos para equinos necessitam de grandes quantidades de alimento teste, equipamentos de alto custo e avaliam apenas um alimento por ensaio. A utilização de sacos de náilon contendo pequenas amostras de alimentos superam essas limitações, medindo-se a digestibilidade dos nutrientes de vários alimentos ao mesmo tempo, de uma forma simples e relativamente rápida.

O uso de sacos em estudos de digestão data de longo tempo. Spallanzani, citado por Sauer, Jorgensen e Berzins (1983), estudou no seu próprio corpo a digestão e o tempo de passagem do pão e da carne contidos em sacos de linho. Os sacos foram excretados em menos de 24 horas e o conteúdo desapareceu completamente.

A técnica do saco foi testada recentemente por Petry e Handlos, citados por Sauer, Jorgensen e Berzins (1983), os quais avaliaram a digestibilidade dos

nutrientes para suínos por meio da administração oral de alimentos dentro de pequenos sacos de náilon. Os resultados encontrados não foram compatíveis com os métodos convencionais de digestibilidade, provavelmente devido a prolongada retenção dos sacos no estômago.

A fim de superar o impasse do piloro e aprimorar a técnica do saco de náilon, Sauer, Jorgensen e Berzins (1983) realizaram uma série de experimentos com suínos. No primeiro experimento, os sacos de náilon foram colocados diretamente dentro do estômago e recuperados nas fezes, tendo os coeficientes de digestibilidade sido maiores do que os obtidos pelo método de coleta total. Em um segundo experimento, os sacos foram inseridos no estômago via cânula gástrica, removidos após 2,5 horas e colocados no duodeno por meio de cânula. Neste caso, os valores de digestibilidade foram inferiores aos obtidos pelo método de coleta total. Num último experimento, fez-se uma pré-digestão *in vitro* com HCl a 0,01N e pepsina (1g/l) e, em seguida, os sacos foram inseridos pela cânula duodenal e recuperados nas fezes. Os resultados foram semelhantes aos encontrados em experimentos convencionais de digestibilidade. Desta forma, a técnica revelou-se ser precisa, rápida e de baixo custo para se determinar a digestibilidade dos nutrientes. Esse método desenvolvido por Sauer, Jorgensen e Berzins (1983) é conhecido como a “técnica do saco de náilon móvel”.

Graham et al. (1985) compararam a digestibilidade da MO e PB de 11 alimentos com suínos através da técnica do saco de náilon móvel com o método de coleta total. Os resultados obtidos mostraram que os coeficientes de digestibilidade da MO e PB determinados pela técnica do saco de náilon foram superestimados para todos os alimentos avaliados. A alta digestibilidade da PB pode ter sido resultado da perda de partículas e da solubilização de compostos nitrogenados, nos quais não são digeridos *in vivo*. Os valores superestimados da MO também foram justificados pela perda de pequenas partículas dos sacos de

náilon. Leterme, Thewis e François (1989) encontraram valores de digestibilidade diferentes da MS, quando compararam a técnica do saco de náilon móvel com o método de coleta total em suínos. A digestibilidade da MS foi subestimada pela técnica do saco de náilon móvel, quando os sacos não foram lavados, devido a presença de matéria fecal no meio das malhas de náilon.

Sauer et al. (1989), trabalhando com suínos, compararam a técnica do saco de náilon móvel com o método de coleta total para determinar a digestibilidade da PB de 6 grupos de alimentos: cereais, subprodutos de cereais, produtos da extração de óleo, subprodutos das flores de papilionáceas, subprodutos de origem animal e ração completa. Para os cereais e ração completa com 4,3% de fibra bruta, a digestibilidade aparente foi subestimada pela técnica do saco de náilon móvel, enquanto que para os demais alimentos os valores foram semelhantes. Estes resultados mostram que para os alimentos com maior teor de fibra, a diferença entre os dois métodos parece ser menor.

Resultados obtidos com suínos, da digestibilidade da EB da aveia, cevada, trigo e milho também foram subestimados pela técnica do saco de náilon móvel (Lange et al., 1991). Esses autores postularam que componentes derivados da dieta basal e secreções endógenas podem entrar e diluir o material não digerido nos sacos, proporcionando a menor digestibilidade aparente.

Em bovinos, a técnica do saco de náilon móvel foi adaptada para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes dos alimentos pós-ruminal, com resultados precisos, rápidos e de baixo custo (Boer, Murphy e Kennelly, 1986; Teixeira, Huber e Wanderley, 1989). Valadares Filho (1997) comenta que existem dois grandes problemas no emprego desta técnica com bovinos: 1 – a fermentação microbiana que ocorre no intestino grosso pode superestimar a digestibilidade da proteína não degradada no rúmen (PNDR) e 2 – a composição em aminoácidos da PNDR pode ser alterada pela incubação ruminal. Porém, duas alternativas surgiram na literatura para contornar o problema da

fermentação microbiana no intestino grosso: a primeira consiste na recuperação dos sacos de náilon no íleo (Vanhatalo e Ketoja, 1995) e a segunda na cecocolectomia (Arias, 1992; Ramos et al., 1996).

Recentemente a técnica do saco de náilon móvel foi adaptada para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes com eqüinos, por Araújo et al. (1996a). A técnica consiste na inserção de sacos de náilon de tamanho de 3,5 x 6,5cm, contendo amostras de alimentos, por meio de uma sonda nasogástrica e a recuperação destes nas fezes. Araújo et al. (1996b) avaliando a digestibilidade de vários alimentos concentrados e volumosos através da técnica do saco de náilon móvel, obtiveram altas percentagens de recuperação dos sacos, variando de 78,7 a 92,5% e 75,0 a 90,0% para os alimentos concentrados e volumosos, respectivamente.

2.3.3.1 Fatores que afetam a digestibilidade dos nutrientes através da técnica do saco de náilon móvel

2.3.3.1.1 Tempo de passagem e tamanho do saco de náilon

Leterme, Thewis e François (1989) trabalhando com suínos, testaram dois tamanhos de sacos de náilon (30mm x 45mm e 25mm x 40mm), com o objetivo de verificar o efeito sobre o tempo de passagem e a digestibilidade. O tempo de passagem dos sacos não foi influenciado pelos tamanhos dos sacos de náilon (22 ± 6 h e 24 ± 6 h, respectivamente), enquanto que a digestibilidade da matéria seca foi diferente entre os dois tamanhos dos sacos de náilon ($87,2 \pm 3,6\%$ e $89,2 \pm 4,7\%$, respectivamente). Segundo os autores, os sacos maiores tendem a amassar nas extremidades, sendo menos expostos a ação do suco gástrico, resultando em uma menor digestibilidade. Em outras pesquisas conduzidas com suínos, não foi verificado o efeito do tempo de passagem dos

sacos de náilon, do duodeno até às fezes sobre a digestibilidade dos nutrientes (Graham et al., 1985; Brand et al., 1989), porém, os autores notaram um maior tempo de passagem para os sacos introduzidos na parte da manhã, quando comparados aos inseridos à tarde (Graham et al., 1985).

Em bovinos, Teixeira, Huber e Wanderley (1989) avaliaram o tempo de passagem do duodeno até às fezes de três tamanhos de sacos de náilon (3,0 x 5,0cm, 3,0 x 7,5cm e 3,0 x 10,0cm), bem como o desaparecimento da matéria seca do amido puro de sorgo e da proteína pura da soja. Os resultados obtidos demonstraram que os três tamanhos de sacos de náilon não tiveram influência no tempo de passagem e na digestibilidade pós-ruminal da proteína da soja e no amido de sorgo. Entretanto, Arias (1992) verificou que o tempo de passagem dos sacos de náilon no intestino delgado de bovinos afetou de forma diferente a digestibilidade da matéria seca de resíduos dos alimentos incubados no rúmen.

Araújo et al. (1996a) avaliaram o tempo de passagem de três tamanhos dos sacos de náilon (3,5cm x 3,5cm, 3,5cm x 4,5cm e 3,5 x 6,5cm) e a influência sobre a digestibilidade do amido de milho com eqüinos. Os autores encontraram que o tempo de passagem para os sacos de tamanho pequeno, médio e grande foi de 42, 54 e 48 horas, respectivamente, porém não afetou a digestibilidade aparente da matéria seca do amido de milho.

2.3.3.1.2 Porosidade do saco de náilon

Os poros dos sacos de náilon devem permitir o influxo de agentes digestivos, mas prevenir o defluxo de amostras não digeridas. Graham et al. (1985) utilizaram porosidade dos sacos de náilon 10, 20 e 36 micras para estimar a digestibilidade dos nutrientes com suínos. Os valores de desaparecimento da matéria orgânica foram semelhantes para todas as porosidades. As pesquisas realizadas com suínos utilizando a técnica do saco de náilon móvel usaram

porosidades entre 48 a 53 micras (Sauer, Jorgensen e Berzins, 1983; Brand et al., 1989; Sauer et al., 1989; Lange et al., 1991)

Uden e Van Soest (1984), trabalhando com a técnica *in situ* com pôneis, utilizaram duas porosidades, 5 e 37 micras e concluíram que a porosidade de 5 micras é muito pequena para se estudar a degradação de plantas fibrosas.

Numa revisão com ruminantes da técnica *in situ*, Nocek (1988) afirmou que deve-se usar a porosidade entre 40 a 60 micras. Mais recentemente, Huntington e Givens (1995) também fizeram uma revisão da técnica *in situ* com ruminantes e verificaram que a maioria dos trabalhos usou porosidade entre 45 e 54 micras.

2.3.3.1.3 Relação amostra/área de saco de náilon

A quantidade ideal de amostra é aquela que fornece algum resíduo após a digestão para as análises químicas, sem encher demais os sacos e afetar o ataque microbiano e enzimático. Segundo Nocek (1988), para a técnica *in situ* em ruminantes é necessário manter uma relação de 10 a 20 mg de matéria seca de amostra/cm² de superfície de saco. Porém, Graham et al. (1985) trabalhando com a técnica do saco de náilon móvel com suínos e tendo excedido em muito os valores da relação recomendada para ruminantes, não verificaram influência no desaparecimento da matéria orgânica da aveia e ervilha. Isso, possivelmente deveu-se à diferença na fisiologia digestiva ou à rápida redução do tamanho efetivo da amostra, seguida pela solubilização de componentes rapidamente degradáveis da amostra.

Varvikko e Vanhatalo (1990), trabalhando com digestibilidade pós-rumenal em bovinos, avaliaram diferentes aberturas de poros e quantidades de amostra por área dos sacos de náilon e concluíram que a digestibilidade é mais afetada pela área do que pela abertura dos poros. Huntington e Givens (1995)

revisaram trabalhos *in situ* com ruminantes e detectaram que 40% dos autores usaram a relação entre 13 e 16mg/cm² e 80% usaram a relação menor que 17mg/cm². Esses autores recomendam cautela para relações menores que 4mg/cm², que pode levar à superestimação da degradabilidade da amostra.

2.3.3.1.4 Contaminações e impregnações

As contaminações ocorrem devido a presença de material endógeno e bacteriano nos resíduos dos sacos de náilon, enquanto que as impregnações são devidas à presença de material endógeno, bacteriano e fecal, nas paredes externas dos sacos de náilon.

Leterme, Thewis e François (1989) determinaram a contaminação dos resíduos dos sacos de náilon para suínos por compostos nitrogenados de origem endógena e/ou bacteriana, por meio de nitrogênio marcado (N¹⁵). A contaminação foi de mais que dois terços do total do nitrogênio presente nos resíduos e, em sacos rigorosamente lavados, foi de mais de um terço. Estudo realizado por Boer, Murphy e Kennelly (1986) com digestibilidade pós-ruminal em bovinos, permitiu concluir que a contaminação na matéria seca é mínima e a lavagem tende a remover as contaminações endógenas e microbianas. Utilizando a técnica *in situ*, Nocek (1988) sugere que pelo menos as forragens de baixo teor protéico e alimentos grosseiros deveriam ser corrigidos para contaminação microbiana.

As impregnações ocorridas durante a passagem de sacos de náilon no intestino delgado de bovinos foram consideradas pequenas, na ordem de 3,9mg/saco ou 2,5% em comparação com as impregnações do rúmen (Teixeira, Huber e Wanderley, 1989). Em eqüinos, Araújo et al. (1996a), utilizando a técnica do saco de náilon móvel, encontraram impregnações muito pequenas de

9,54 ± 0,8 mg/saco ou 2,04% por saco; dessa forma não há necessidade de corrigir os valores de digestibilidade.

2.3.3.1.5 Efeito da ração

Brand et al. (1989) estudaram em suínos a influência da dieta basal na digestibilidade da energia bruta por meio da técnica de saco de náilon móvel e não observaram efeito, embora a ração com alta fibra (8%) tenha sido associada ao menor valor de energia digestível e a de baixa fibra (2%) associada a uma energia digestível maior.

As diferenças encontradas na digestibilidade da proteína, obtidas entre a técnica do saco de náilon e o método de coleta total com suínos, podem ser devidas a interação da dieta basal fornecida aos animais com os alimentos colocados dentro dos sacos de náilon. Com objetivo de testar esta hipótese, Lange et al. (1991) compararam a digestibilidade aparente da proteína da cevada, trigo, farelo de soja e glúten de milho entre os dois métodos, tendo a digestibilidade de cada alimento sido determinada com os suínos alimentados com quatro diferentes rações basais para evidenciar o efeito da interação. Os resultados encontrados mostraram que, para a cevada e o trigo, os valores de digestibilidade da proteína obtidos pela técnica do saco de náilon móvel foram subestimados nas quatro rações, enquanto que para o farelo soja e glúten a digestibilidade foi semelhante entre os dois métodos. Os autores concluíram que ração basal não afeta a digestibilidade da proteína, quando determinada através do saco de náilon móvel.

Segundo Huntington e Givens (1995), as formas pela quais a degradação *in situ* pode ser afetada pela ração dividem-se em quatro principais áreas: 1 – o efeito da ração no ecossistema microbiano do rúmen; 2 – efeito físico da ração; 3

– exigência de nitrogênio; 4 – efeito da fonte de carboidrato dietético sobre o desaparecimento de matéria seca.

2.3.3.1.6 Granulometria da amostra

A moagem das amostras facilita a homogeneidade e aumenta a área de superfície efetiva para a degradação microbiana (Huntington e Givens, 1995). Na revisão realizada por Huntington e Givens (1995), alguns autores comentam que a distribuição do tamanho das partículas após a moagem difere entre os alimentos, existindo portanto, uma interação entre o grau de moagem e o tipo de alimento. A distribuição do tamanho da partícula, associada com moagem do alimento na técnica *in situ*, deverá levar em conta algumas implicações como: a distribuição dos fragmentos da planta; perda física dos sacos de náilon e forma das partículas.

Ehle, Murphy e Clark (1982) avaliaram o efeito da incubação por 30 minutos em água destilada com temperatura ambiente sobre o desaparecimento da matéria seca e do nitrogênio de vários alimentos com diferentes granulometrias. Os resultados mostraram que o desaparecimento da MS aumentou à medida em que se reduziu o tamanho das partículas, para o trigo e farelo de algodão, enquanto que para o farelo de soja não foram detectadas diferenças. O tamanho das partículas não teve efeito sobre o desaparecimento do nitrogênio, exceto para o trigo. Os autores comentam que o desaparecimento do nitrogênio (N) foi relacionado apenas com a quantidade de nitrogênio solubilizado em água destilada, no entanto, Nocek (1985) verificou que a moagem do farelo de soja em 1, 2 e 5mm não influenciou a taxa de desaparecimento de MS e N em sacos de náilon com porosidade entre 6 a 102 micras, tanto quanto o farelo sem moer.

Brand et al. (1989) estudaram três granulometrias do sorgo grão (800 micras, 1mm e 3mm) usando a técnica do saco de náilon móvel para suínos. Os resultados de energia digestível mostraram que a amostra moída a 3mm foi menor do que 800 micras e este, por sua vez, foi maior que a 1mm. Portanto, a granulometria de 1mm foi a que melhor se correlacionou aos valores de energia digestível obtidos pelo método de coleta total. Sauer et al., citados por Arias (1992), também encontraram um aumento na digestibilidade da proteína do farelo de soja de 88,2 para 91,3%, quando o tamanho das partículas decresceu de 2 para 0,5mm, respectivamente, mas não houve alteração na digestibilidade, para a farinha de carne e ossos. Isso reforça o fato que o efeito da moagem sobre a digestibilidade depende das características dos alimentos.

Para trabalhos com sacos de náilon incubados no rúmen, Nocek (1988) recomenda moagem a 2mm para concentrados protéicos e energéticos e para subprodutos fibrosos, feno e silagens, uma granulometria de 5mm. Numa revisão recente, Huntington e Givens (1995) citam que a peneira mais freqüentemente usada na técnica *in situ* na moagem de amostras é a de diâmetro de 2mm, verificada em 39% das pesquisas revisadas. Ao mesmo tempo, os autores ressaltam que o uso de peneiras menores que 2mm poderá resultar em perdas significantes de compostos não específicos, se forem usados sacos com porosidade entre 50 e 54 micras.

Considerando que o grau de moagem é influenciado por vários fatores envolvidos no processo (Martin, citado por Zanotto et al., 1995), o diâmetro dos furos das peneiras como parâmetro único é insuficiente para indicar com precisão a granulometria dos produtos moídos. Existem várias formas para descrever matematicamente o tamanho das partículas, como o seu diâmetro médio (Ensor, Olson e Colenbrander, 1970) e módulo de finura (ASAE, descrito por Poppi e Norton, 1980).

O peneiramento seco e úmido são as técnicas mais usadas para caracterizar a moagem das partículas. A técnica do peneiramento seco com base na que é utilizada para solo e fertilizantes, foi padronizada para alimentos moídos e triturados (Ensor, Olson e Colenbrander, 1970). Esta técnica é aplicada às partículas de formas esféricas e cúbicas, como concentrados. Ensor, Olson e Colenbrander (1970) ressaltam que outros métodos devem ser desenvolvidos para classificar partículas alongadas, como grãos floculados e forragens moídas.

Uden e Van Soest (1982b) comentam que as partículas no peneirado seco têm tendência a saltar em círculo na separação entre peneiras e a passar pelos poros da peneira abruptamente, o que pode provocar alterações na distribuição do tamanho.

A técnica do peneirado úmido foi desenvolvida para o fracionamento de amostras de digesta (Poppi e Norton, 1980), pois a distribuição das suas partículas da digesta é determinada no estado normal de hidratação e a quebra delas durante o peneiramento é menos provável (Faichney, citado por Sanchez, 1994). Entretanto, no peneiramento úmido as partículas de forma alongada escorrem entre os poros das peneiras e são retidas em peneiras cujo tamanho não tem relação alguma com o tamanho da partícula. Evans et al. (1973) avaliaram o comprimento e o diâmetro de partículas retidas sobre várias peneiras, e encontraram que o comprimento das partículas retidas numa peneira em particular foi maior que o diâmetro do poro dessa peneira.

A escolha do conjunto de peneiras para fracionar as amostras de alimentos concentrados tem seguido o critério descrito por Ensor, Olson e Colenbrander (1970), enquanto para forragens picadas tem-se usado as normas da ASAE (1988). Mesmo assim, caso o objetivo da pesquisa não se enquadre nessas normas, deve-se escolher com critério as peneiras de maior e menor diâmetro, e as demais deverão ser selecionadas de forma a irem aumentando até o dobro da peneira inferior (Faichney, citado por Sanchez, 1994).

2.3.3.1.7 Lavagem dos sacos de náilon

Tem sido assumido em geral na literatura que a lavagem dos sacos após a incubação no rúmen remove qualquer matéria rumenal que tenha entrado nos sacos (Huntington e Givens, 1995).

Utilizando a técnica de saco de náilon móvel com suínos, Brand et al. (1989) compararam os valores de energia digestível obtidos com sacos lavados e sem lavar após a recuperação nas fezes, com o método de coleta total. Os resultados mostraram que, para os sacos de náilon lavados, os valores de digestibilidade foram semelhantes entre os dois métodos, enquanto que para os sacos não lavados a digestibilidade da energia foi subestimada, provavelmente devido a contaminação dos resíduos com material fecal. Esses resultados foram confirmados por Leterme, Thewis e François (1989), que encontraram valores de digestibilidade subestimados quando os sacos de náilon não foram lavados após a recuperação nas fezes. Entretanto, Boer, Murphy e Kennelly (1986) trabalhando com bovinos, encontraram valores de digestibilidade da PB pós-rumenal superestimados. De acordo com os autores, os altos valores de digestibilidade parecem estar relacionados com a lavagem dos sacos, que tende a remover as contaminações endógenas e bacterianas, não acontecendo o mesmo quando se determina a digestibilidade aparente pelo método de coleta total.

A metodologia de lavagem, segundo a revisão de Huntington e Givens (1995), tem variado consideravelmente entre os autores. Nos trabalhos citados até 1980, a lavagem dos sacos era realizadas manualmente, mas a partir de 1991, praticamente se substituiu a lavagem manual pelas máquinas. Segundo Hyslop, citado por Huntington e Givens (1995), a severidade dos programas de lavagem tem proporcionado perdas efetivas de matéria seca a partir dos sacos. Cherney, Partterson e Lemenager (1990) observaram que a lavagem de sacos em máquinas com água fria por 5 minutos resultou em superestimação das perdas

de matéria seca, e verificaram que 2 minutos de lavagem na máquina foram mais apropriados que a lavagem manual.

2.3.3.1.8 Perdas físicas dos sacos de náilon

Dentre os fatores que contribuem para as perdas físicas dos sacos de náilon, a porosidade do náilon, granulometria das amostras e lavagem dos sacos parecem ser os mais importantes.

Van Straalen, Odinga e Mostert (1997) avaliaram o efeito da lavagem de sacos de náilon sobre o desaparecimento de matéria seca e do nitrogênio de vários alimentos antes da incubação no rúmen e verificaram que o desaparecimento da MS variou de 17% para a casca de soja a 45% para um concentrado, enquanto o desaparecimento do N variou de 11% para farelo de soja a 78% para a silagem de milho. Para todos os alimentos, exceto para o farelo de soja, o desaparecimento do nitrogênio não protéico após a lavagem foi maior que o N dos aminoácidos.

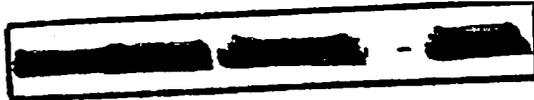
Vanhatalo e Ketoja (1995) também avaliaram a perda de MS e N em sacos de náilon com porosidades de 10 e 41 micras. O farelo de soja apresentou uma perda de MS após a lavagem para os sacos de 10 e 40 micras de 31,9 e 37,5%, respectivamente, enquanto que o desaparecimento do N para os dois tipos de sacos foi de 10,7 e 19,2%, respectivamente. Os autores comentam que a diferença na perda de MS e N entre os dois sacos, poderá estar associado à perda de partículas. Segundo Lopez, France e Dhanoa (1994), a perda de partículas pode ser estimada por meio da diferença entre perda relacionada com a lavagem e solubilidade do alimento, ou seja, a perda de MS menos a perda de N.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, K. V.; LIMA, J. A de F.; TEIXEIRA, J. C. et al. Uso da técnica do saco de náilon móvel na determinação da digestibilidade aparente em eqüinos. *Revista da Soc. Bras. Zootecnia*. Viçosa, v.25, n.5, p.957-963.1996a
- ARAÚJO, K.V.; LIMA, J. A de F.; TEIXEIRA, J. C. et al. Determinação da digestibilidade aparente do nutriente de alguns concentrados e volumosos para eqüinos, pela técnica do saco de náilon móvel. *Revista da Soc. Bras. Zootecnia*. Viçosa, v.25, n.5, p.944-956.1996b.
- ARIAS, A.M.C. Avaliação da degradabilidade ruminal e da digestibilidade intestinal de vários alimentos, utilizando-se a técnica do saco de náilon móvel. Viçosa: UFV, 1992, 108p. (Tese-Mestrado em Zootecnia).
- ASAE, Method of determining and expressing particle size of chopped forage materials by screening. ASAE standard S424. P.374-376, 1988.
- BLOCK, E. ; KILMER, L. H. e MULLER, L. D. Acid insoluble ash as a marker of digestibility for sheep fed corn plants or hay and for lactating dairy cattle fed hay *ad libitum*. *Journal of Animal Science*. Champaign, v.52, n.5, p.1164-1169, 1981.
- BOER, G de; MURPHY, J. J. e KENNELLY, J. J. Mobile nylon bag for estimating intestinal availability of rumen undegradable protein. *Journal of Dairy Science*. Champaign, v.70, n.5, p.977-982, 1986.
- BRAND, T.S.; BADENHORST, H.A.; SIEBRITS, F.K. et al. Use of the mobile nylon bag technique to determine digestible energy in pig diets. *South African Journal of Animal Science*. Pretoria, v.19, n.4 p.165-170, mar.1989.

- CARVALHO, F. F. R. de. **Efeitos de diferentes níveis de proteína bruta para cabras em lactação e uso de indicadores internos para estimar a digestibilidade dos nutrientes.** Viçosa: UFV, 1989, 72p. (Tese-Mestrado em Zootecnia).
- CARVALHO, M. A. G. de. **Digestibilidade aparente em equídeos submetidos a três condutas de arraçoamento.** Belo Horizonte: UFMG-EV, 1992, 34p. (Tese-mestrado em Zootecnia).
- CHERNEY, D. J. R.; PATTERSON, J. A.; LEMENAGER, R. P. Influence of *in situ* bag rising technique on determination of dry matter disappearance. **Journal of Dairy Science.** Champaign, v.73, p.391-397, 1990.
- COELHO DA SILVA, J. F. e LEÃO, M. I. **Fundamentos de Nutrição dos Ruminantes.** Piracicaba: Livrocere Ltda, 1979, 380p.
- CORTADA, C. N. M. e VELLOSO, L. Uso da cinza insolúvel em ácido com indicador natural para a determinação da digestibilidade em bovinos. **Revista da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo.** São Paulo, v.24, n.1 p.65-70. 1987.
- CUDDEFORD, D.; PEARSON, R. A.; ARCHIBALD, R. F. et al. Digestibility and gastro-intestinal transit time of diets containing different proportions of alfalfa and oats straw given to thoroughbreds, shetland ponies, highland ponies and donkeys. **Animal Science.** v.61, p.407-417, 1995.
- CUNHA, T. J. **Horse Feeding and Nutrition.** Gainesville: Academic Press, 2ed. 1991, 445p.
- EHLE, F. R.; MURPHY, M. R.; CLARK, J. H. In situ particle size reduction and the effect of particle size on degradation of crude protein and dry matter in the rumen of dairy steers. **Journal Dairy Science.** Champaign, v.65, n.6, p.963-971, 1982.
- ENSOR, W. L.; OLSON, H. H. e COLENBRANDER, V. F. A report: committee on classification of particle size in feedstuffs. **Journal Dairy Science.** Champaign, v.53, n.5, p.689-690. maio.1970.
- EVANS, E. W.; PEARCE, G. R.; BURNETT, J. et al. Changes in some physical characteristic of the digesta in the reticulo-rumen of cows feed once daily. **British Journal of Nutrition.** Cambridge, v.29, n.3, p.357-356, maio.1973.

- FAHEY, G. C. e JUNG, H. G. Lignin as a marker in digestion studies: a review. *Journal of Animal Science*. Champaign, v.57, n.1, p.220-225, 1983.
- FONNESBECK, P. V. Digestion of soluble and fibrous carbohydrate of forrage by horse. *Journal of Animal Science*. Champaign, v.7, n.6, p.1336-1344, 1968.
- FURTADO, C. E. e TOSI, H. Gaiola de metabolismo para eqüinos. In: XXXIII REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Fortaleza, 1996. Anais.... Nutrição de não ruminantes. v.4. Fortaleza. SBZ. 1996. p.192-193.
- GORSKI, J. et al. An urine and feces collection apparatus for heifers and cows. *Journal of Animal Science*. Champaign, v.16, n.1, p.100-109.1957.
- GRAHAM, H.; AMAN, P.; NEWMAN, R. K. et al. Use of nylon-bag technique for pig feed digestibility studies. *British Journal of Nutrition*, Cambridge, v.54, n.3, p.1091-1095, nov.1985.
- HAENLEIN, G. F. W.; SMITH, R. C. e YOON. Y. M. Determination of the fecal excretion rate of horses with chromic oxide. *Journal of Animal Science*. Champaign, v.25, n.4, p.1091-1095, nov. 1966.
- HAENLEIN, G. F. W.; HOLDREN, R. D. e YOON. Y. M. Comparative response of horse and sheep to different physical forms of alfalfa hay. *Journal of Animal Science*. Champaign, v.25, n.4, p.740-743, 1966.
- HINTZ, H. F. e LOY, R. G. Effects of pelleting on the nutritive value of horse rations. *Journal of Animal Science*. Champaign, v.25, n.4, p.1059, nov. 1966.
- HINTZ, H. F. Digestion in ponies and horses. *Equine Practice* v.12, p.5-6, 1990.
- HINTZ, H. F. Review article: Equine Nutrition. Comparisons of digestion coefficients obtained with cattle, sheep, rabbits na horses. *Veterinarian*, v.6, n.1, p.45-51, 1969.
- HUNTINGTON, J. A. e GIVENS, D. I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. *Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)*. London, v.65, n2, p.63-93, fev, 1995.



- KERN, D. L.; SLYTER, L. L.; WEAVER, J. M. et al. Pony cecum vs. Steer rumen: the effect of oats and hay on the microbial ecosystem. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.37, n.2, p.463-469, 1973.
- KNAPKA, J. J.; BARTH, K. M.; BROWN, D. G. et al. Evaluation of polyethylene, chromic oxide, and cerium-144 as digestibility indicators in burros. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.92, n.1, p.79-85, maio.1967.
- KOTB, A. R. e LUCKEY, T. D. Markers in nutrition. **Nutrition. Abstracts & Reviews**. V.42, n.3, p.814-845, jul. 1972.
- LANGE, C. F. M. de; SAUER, W. C.; HARTOG, L. A. DEN et al. Methodological studies with the mobile nylon bag technique to determine protein and energy digestibilities in feedstuffs for pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.29, p.213-225, 1991.
- LETERME, P.; THEWIS, A. e FRANÇOIS, E. La technique des sachets de nylon mobiles chez le porc. Etude de paramètres susceptibles d'influencer la digestibilité. **Bulletin Recherches Agronomiques Gembloux**, Gembloux, v.24, n.1, p.33-47, 1989.
- LOPEZ, S. ; FRANCE, J e DHANOA, M. S. Acorretion for particulate matter loss when applying the polyester-bag method. **British Journal of Nutrition**. Cambridge, v.71, p.135-137, 1994.
- MACHADO, H. de M. Efeitos de diferentes combinações de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum): cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) sobre a digestibilidade em eqüinos, utilizando diferentes metodologias de determinação. Viçosa: UFV, 1992, 71p. (Tese-Mestrado em Zootecnia).
- MANZANO, A. e CARVALHO, R. T. L. de. Digestibilidade aparente de uma ração peletizada e do arraçoamento tradicional em eqüinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.13, n.4, p.92-99.1978.
- MARTIN-ROSSET, W.; DOREU, M.; BOULOT, S. et al. Influence of level of feeding and physiological state on diet digestibility in light and heavy breed horses. **Livestock Production Science**. Amsterdam, v.25, p.257-264, 1990.

MAURÍCIO, R. M. Determinação da digestibilidade aparente em eqüideos através do óxido crômico, da lignina e da coleta total das fezes. Belo Horizonte: UFMG-EV, 1993, 62p. (Tese-mestrado em Zootecnia).

MAYNARD, L.A. e LOOSLI, J.K. Nutrição Animal. Rio de Janeiro Usaid, 1966, 550p.

McCARTHY, J. F.; AHERNE, F. X. e OKAI, D. B. Use of HCl insoluble ash as na index material for determining apparent digestibility with pigs. Canadian Journal of Animal Science, Ottawa, v.54, p.107-109, mar.1974 (note).

McCARTHY, J. F.; BOWLAND, J. P. e AHERNE, F. X. Influence of method upon the determination of apparent digestibility in the pig. Canadian Journal of Animal Science, Ottawa, v.57, p.131-135, mar.1977.

MOORE, K. J. e HTFIELD, R. D. Carbohydrates and forage quality. In: CONFERENCE ON FORAGE QUALITY , EVALUATION, AND UTILIZATION, Lincon, 1994. Anais..., Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.229-279.

MUNTIFERING, R. B. Evaluation of various lignin assays for determining ruminal digestion of roughages by lambs. Journal of Animal Science. Champaign v.55, n.2, p.432-438, 1982.

NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimte ruminal protein and energy digestibility: a review. Journal Dairy Science, Champaign, v.71, n.8, p.1052-1069, 1988.

NOCEK, J. E. Evaluation of specific variable affecting in situ estimates of ruminal dry matter and protein digestion. Journal Animal Science, Champaign, v.60, n.5, p.1347-1358, 1985.

OLIVEIRA, R. F. M. de. Estimativa da digestibilidade através de indicadores e coleta total de fezes, consumo alimentar e biometria do trato gastrintestinal, em bovinos de 3 grupos genéticos. Viçosa: UFV, 1990, 77p. (Tese-Mestrado em Zootecnia).

OLSSON, N.; RUUDVERE, A. The nutrition of the horse. Nutrition Abstracts and Reviews, London, v.25, n.1, p.1-18, jan.1955.

- PARKINS, J. J.; SNOWD, H.; ADAMS, S. The apparent digestion of "complete diets" cubes given to throughbred horses and the use of chromic oxide as inert fecal marker. **British Vet. Journal.** v.138, p.350-355, 1982.
- PEREIRA, J. C.; CARMO, M. B.; MOTTA, V. A. F. et al. Feno de aveia (*Avena brizantyna*, K. Koch) associado ao concentrado em diferentes proporções na alimentação de equinos. **Revista da Soc. Bras. Zootecnia.** Viçosa, v.18, n.5, p.359-366.1989.
- PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C. de; CARMO, M. D. do. Avaliação de métodos para determinação da digestibilidade aparente em equinos. **Revista da Soc. Bras. Zootecnia.** Viçosa, v.24, n.3. maio/junho.1995.
- POPPI, D. P. e NORTON, B. W. The validity of the critical size theory for particles leaving the rumen. **Journal Agric. Science Camb. Queensland,** v.94, p.275-280, 1980.
- RAMOS, S. M.; VALADARES FILHO, S de C.; COELHO DA SILVA, F. et al. Utilização da técnica do saco de náilon móvel para determinação da digestibilidade intestinal de vários alimentos, em novilhos cecotomizados. **Revista da Soc. Bras. Zootecnia.** Viçosa, v.25, n.4, junho/ago.1996.
- ROBINSON, D. W. e SLADE, L. M. The current status of knowledge on the nutrition of equines. **Journal of Animal Science.** Champaign, v.39, n.6, p.1047-1066, dez. 1974.
- SANCHEZ, N. R. Concentração de nutrientes e distribuição de partículas na digesta, em ruminantes de diferentes grupos raciais. Viçosa: UFV, 1994, 89p. (Tese-Mestrado em Zootecnia).
- SAUER, W. C.; JORGENSEN, H.; BERZINS, R. A modified nylon bag technique for determining apparent digestibilities of protein in feedstuffs for pigs. **Canadian Journal of Animal Science,** Ottawa, v.63, n.1, p.223-237, mar.1983.
- SAUER, W.C.; HARTOG, L. A. DEN; HUISMAN, J. et al. The evaluation of the mobile nylon bag technique for determining the apparent protein digestibility in a wide variety of feedstuffs for pigs. **Journal of Animal Science,** Champaign, v.67, n.2, p.432-440, fev.1989.

- SLADE, L. M. e HINTZ, H. F. Comparison of digestion in horses, ponies, rabbits and guinea pigs. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.28, n.6, p.842-843, jun. 1969.
- STILLIONS, M. C. e NELSON, N. E. Metabolism stall for male equine. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.27, n.1, p68-72. jan.1968.
- SUTTON, E. I.; BOWLAND, J. P.; McCARTHY, J. F. Studies with horses comparing 4N-HCl insoluble ash as an index material with total fecal collection in the determination of apparent digestibilities. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.57, p.543-549, set. 1977.
- TEIXEIRA, J. C.; HUBER, J. T.; WANDERLEY, R. da C. Uso da técnica de saco de náilon móvel para estimar digestibilidade pós-ruminal em vacas leiteiras. **Revista da Soc. Bras. Zootecnia**, Viçosa, v.18, n.4, p.285-294. dez, 1989.
- THONNEY, M. L.; DUHAIME, D. J.; MOE, P. W. et al. Acid insoluble and permanganate lignin as indicators to determine digestibility of cattle rations. **Journal of Animal Science**. Champaign v.49, n.4, p.1112-1116, 1979.
- THONNEY, M. L.; PALHOF, B. A; De CARLO, M. R. et al. Sources of variation of dry matter digestibility measured by the acid insoluble ash marker. **Journal Dairy Science**. Champaign v.68, n.3, p.661-668, 1984.
- TISSERAND, J. L. A alimentação prática do cavalo. São Paulo: Andrei. 1983. 83p.
- TODD, K. L.; SAUER, W. C.; CHRISTOPHERSON, R. J. et al. The effect of level of feed intake on nutrient and energy digestibility and rate of feed passage in horses. **Journal Animal Physiol. and Animal Nutrition**. Berlin v.73, p.140-148, 1995.
- UDEN, P. e VAN SOEST, P. J., Investigations of the in situ bag technique and a comparison of the fermentation in herfers, sheep, ponies and rabbits **Journal of Animal Science**. Champaign v.58, n.1, p.213-221, jan. 1984.
- UDEN, P. e VAN SOEST, P. J. Comparative digestion of timothy (*Phleum pratense*) fibre by ruminants, equines and rabbits. **British Journal of Nutrition**. Cambridge, v.47, n.2, p.276-272, mar. 1982a.

- UDEN, P. e VAN SOEST, P. J. The determination of particle size in some herbivores. **Animal Feed Science Technol.**, v.7, p.35-44,1982b.
- VALADARES FILHO, S de C. Digestão pós-ruminal de proteína e exigências de aminoácidos para ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, Lavras, 1997. **Anais.... Digestibilidade em Ruminantes.** Lavras. UFLA-FAEPE, 1997. p.87-113.
- VANDER NOOT, G.W.; GILBREATH, E. B. Comparative digestibility of components of forages by geldings and steers. **Journal of Animal Science.** Champaign, v.31, n.2, p.351-355,ago.1970.
- VANDER NOOT, G.W.; SYMONS, L. D.; LYDMAN; R. K. et al. Rate of passage of various feedstuffs through the digestive tract of horses. **Journal of Animal Science.** Champaign, v.26, n.6, p.1309-1311, nov. 1967.
- VANDER NOOT, G. W.; FONNESBECK, P. V.; LYDMAN; R. K. Equine metabolism stall and collection harness. **Journal of Animal Science.** Champaign, v.24, n.3, p.691-698, aug.1965.
- VAN KEULEN e YOUNG, B. A Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. **Journal of Animal Science.** Champaign, v.44, n.2, p.282-287,1977.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant.** Ithaca: Cornell University Press. 1994, 476p.
- VANHATALO, A e KETOJA, E. The role of the large intestine in post-ruminal digestion of feeds as measured by the mobile-bag method in cattle. **British Journal of Nutrition,** Cambridge, v.73, p.491-505, 1995.
- VAN STRAALLEN, W. M.; ODINGA, J. J.; MOSTERT, W. Digestion of feed amino acids in the rumen and small intestine of dairy cows measured with nylon-bag techniques. **British Journal of Nutrition,** Cambridge, v.77, p.83-97, 1997.
- VARVIKKO, T.; VANHATALO, A The effect of differing types of cloth and of contamination by non-feed nitrogen on intestinal digestion estimates using porous synthetic-fibre bags in cows. **British Journal of Nutrition,** Cambridge, v.63, p.221-229, 1990.

VEIGA, J. S. M.; ANDREASI, F.; PRADA, F. et al. Digestibilidade aparente da matéria seca, em equinos "1/2 sangue bretão" e "1/2 sangue inglês". *Revista da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo*, São Paulo, v.11, p.7-20. 1974.

VOGTMANN, H.; PFIRTER, H. P. e PRABUCKI, A L. New method of determining metabolisability of energy and digestibility of fatty acids in broiler diets. *British Poultry Science*. v.16, p.531-534, 1975.

WARNER, A. C. I. Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds. *Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)*, London, v.51, n.12, p.789-820, 1981.

ZANOTTO, D. L.; NICOLAIEWSKY, S.; FERREIRA, A. S. et al. Granulometria do milho na digestibilidade das dietas para suínos em crescimento e terminação. *Revista da Soc. Bras. Zootecnia*. Viçosa, v.24, n.3, p.428-436. maio/junho.1995.

WOLTER, R. *Alimentación del Caballo*. Zaragoza: Acribia, 1975. 172p.

YEN, J. T.; TESS, M. W.; POND, W. G. et al. Digestibility and metabolism of dietary nitrogen and energy in contemporary, genetically lean and obese pigs as estimated by total fecal collection and acid insoluble ash. *Journal of Animal Science*. Champaign, v.56, n.2, p.426-430, 1983.

CAPÍTULO 2: Comparação da técnica do saco de náilon móvel com o método de coleta total para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes de alimentos volumosos

1 RESUMO

Araújo, K. V. Comparação da técnica do saco de náilon móvel com o método de coleta total para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes de alimentos volumosos. Lavras: UFLA, 1999. 155p. (Tese de Doutorado em Nutrição Animal - Monogástricos)

Foram realizados dois ensaios no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras - MG, objetivando medir a precisão da técnica do saco de náilon móvel em relação ao método de coleta total para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes em eqüinos. Foram utilizados seis cavalos adultos sem raça definida e com idade média de sete anos. No primeiro ensaio foram comparados os valores de digestibilidade dos nutrientes do feno de coast-cross, através da técnica do saco de náilon móvel com amostra moída em três diferentes granulometrias com o método de coleta total. No segundo ensaio foram comparados os dois métodos para estimar a digestibilidade utilizando, como alimento teste, o capim elefante. Foi avaliado em laboratório o desaparecimento dos nutrientes das amostras de feno de coast-cross e capim elefante moídas em três diferentes granulometrias, após a lavagem dos sacos em água. Utilizou-se um delineamento em blocos casualizados, em que cada cavalo constituiu o bloco e os métodos de determinação da digestibilidade, os tratamentos. Os resultados mostraram que para o feno de coast-cross a técnica do saco de náilon móvel com amostra moída a 1mm é um bom método de estimativa de digestibilidade aparente de MS, EB e hemicelulose. Para o capim elefante, a amostra moída a 5mm é precisa para estimar a digestibilidade aparente da MS, EB e FDN. A moagem a 1mm das amostras de feno de coast-cross e capim elefante proporcionou a maior perda de partículas dos sacos de náilon após lavagem em água.

*Comitê Orientador: José Augusto de Freitas Lima (Orientador), Antônio Gilberto Bertechini, Elias Tadeu Fialho, Joel Augusto Muniz e Júlio César Teixeira.

2 ABSTRACT

Araújo, K. V. Comparison of the mobile nylon bag technique with the total collection method to determinate the apparent digestibility of the nutrients of roughages. Lavras: UFLA, 1999. 155p. (Doctor's Thesis in Monogastric Animal Nutrition)*

Two experiments were carried out at the Department of Animal Science of the Universidade Federal de Lavras – MG, with a view to measure the precision of the mobile nylon bag technique relative to the total collection method to estimate the apparent digestibility of nutrients in equine. Six adult horses without a definite breed and with means of seven years old were utilized. In experiment I, the values of digestibility of the nutrients of coast-cross hay were compared through the mobile nylon bag technique with sample ground at three different granulometries with the total collection method. In the second experiment, the two methods were compared to estimate digestibility by utilizing elephante grass, as a test feed. The disappearance of the nutrients of the samples of coast-cross hay and elephante grass ground at three different granulometries after washing the bags in water was evaluated in laboratory. It was utilized a randomized block design each horse made up the block and the treatments were formed by the methods of digestibility. The results that shown for coast-cross hay, the mobile nylon bag technique with sample ground at 1mm is a good method to estimate the apparent digestibility of DM, GE and hemicelulose. For elephante grass, the sample should be ground at 5mm in order to have a precise estimative of the apparent digestibility of DM, GE and NDF. The grinding at 1mm of the samples of coast-cross hay and elephante grass provided the greatest loss of particles from the nylon bags after washing in water.

* Guidance Committee: José Augusto de Freitas Lima (Adviser), Antônio Gilberto Bertechini, Elias Tadeu Fialho, Joel Augusto Muniz and Júlio César Teixeira

3 INTRODUÇÃO

Em nutrição animal, a determinação da digestibilidade dos nutrientes tem grande importância na avaliação de alimentos usados nas rações. Entre os métodos empregados, o da coleta total de fezes por um período determinado vem sendo o mais utilizado, embora apresente dificuldades ligadas à coleta, dado o grande volume, além a limitar-se a avaliação de um alimento por ensaio e da necessidade de equipamentos de alto custo. O interesse em estabelecer métodos mais simples tem gerado pesquisas com a finalidade de sanar as dificuldades do método convencional.

A utilização de sacos de náilon contendo pequenas amostras de alimentos supera as limitações do método convencional, possibilitando medir a digestibilidade dos nutrientes de vários alimentos ao mesmo tempo, de forma simples e relativamente rápida.

Objetivou-se avaliar a precisão da técnica do saco de náilon móvel em relação ao método de coleta total para determinar a digestibilidade dos nutrientes do feno de coast-cross e capim elefante. Um segundo objetivo foi verificar a influência do grau de moagem das amostras de feno de coast-cross e capim elefante no desaparecimento dos nutrientes, após a lavagem dos sacos de náilon em água.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Os métodos mais empregados para determinar a digestibilidade dos nutrientes em eqüinos são: coleta total usando gaiolas metabólicas ou outras modificações; indicadores externos e internos; método *in vitro* e *in situ* e, recentemente, a técnica do saco de náilon móvel.

O método convencional para determinação da digestibilidade foi desenvolvido praticamente com os primeiros estudos sobre balanços nutricionais realizados por Boussinggalt, citado por Maynard e Loosli (1966). As dificuldades inerentes à coleta quantitativa das fezes fizeram com que os pesquisadores empregassem bolsas coletoras como as mostradas por Gorski et al. (1957) para bovinos e por Vander Noot, Fonnesbeck e Lydman(1965) para eqüinos.

A coleta total de fezes em eqüinos através de sacos implica no uso de arreios apropriados com sacos de coleta de elevado custo, técnicos experientes e a necessidade da troca dos sacos de 4 a 5 vezes por dia, além de impossibilitar que os animais se exercitem (Parkins, Snowd e Adams, 1982). Objetivando superar as dificuldades das bolsas coletoras relacionadas à limpeza, conservação e ajuste, as gaiolas de metabolismo começaram a ser amplamente usadas (Haenlein, Holdren e Yoon, 1966; Stillions e Nelson,1968). Em pesquisa conduzida com asininos em gaiolas metabólicas, por Knapka et al. (1967), foram verificadas mudanças no comportamento dos animais e alterações nos coeficientes de digestibilidade.

Stillions e Nelson (1968) desenvolveram uma gaiola de metabolismo para eqüinos machos semelhante às utilizadas com bovinos. Os animais ficaram

alojados nessas gaiolas por um período de três meses, não se verificando problemas de edemas e consumo de alimento, quando os animais passaram a se exercitar. Recentemente, Furtado e Tosi (1996) adaptaram a gaiola desenvolvida por Stillions e Nelson (1968) para as condições brasileiras. O modelo proposto foi avaliado através de experimentos conduzidos com potros da raça Brasileiro de Hipismo, no qual os animais foram mantidos por sete dias sem se exercitarem. Os autores concluíram que os animais se adaptaram adequadamente ao confinamento total nas gaiolas de metabolismo, permanecendo em pé durante todo o período experimental, sem a necessidade de exercícios diários, permitindo a coleta de fezes e urina sem perdas e contaminações, além do controle no fornecimento de água.

O uso de sacos em estudos de digestão data de longo tempo. Spallanzani, citado por Sauer, Jorgensen e Berzins (1983), estudou no seu próprio corpo a digestão e o tempo de passagem do pão e da carne contidos em sacos de linho. Os sacos foram excretados em menos de 24 horas e o conteúdo desapareceu completamente.

Recentemente, Sauer, Jorgensen e Berzins (1983) trabalhando com suínos fistulados no duodeno, desenvolveram um método conhecido como “a técnica do saco de náilon móvel”, na qual pequenos sacos de náilon contendo pequenas amostras de alimentos eram pré-digeridas *in vitro* com HCL e pepsina, sendo, após, inseridos no duodeno por meio de fistula e recuperados nas fezes. Os resultados obtidos foram similares aos encontrados em experimentos convencionais de digestibilidade, mostrando-se, portanto, uma técnica precisa, rápida e de baixo custo para determinar a digestibilidade dos nutrientes.

A técnica do saco de náilon móvel foi adaptada, para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes em equinos por Araújo et al. (1996a). Consiste na inserção de sacos de náilon de tamanho de 3,5cm x 6,5cm, contendo amostras de alimentos por meio de uma sonda nasogástrica e a sua recuperação

nas fezes. Araújo et al. (1996b), avaliando a digestibilidade de vários alimentos concentrados e volumosos através da técnica do saco de náilon móvel, obtiveram altas percentagens de recuperação dos sacos, variando de 78,7 a 92,5% e 75,0 a 90,0% para os alimentos concentrados e volumosos, respectivamente.

Brand et al. (1989) estudaram em suínos três granulometrias do sorgo grão (800 micras, 1mm e 3mm), usando a técnica do saco de náilon móvel para suínos. Os resultados de energia digestível mostraram que a amostra moída a 3mm foi menor do que 800 micras e esse, por sua vez, foi maior que 1mm. Portanto, a granulometria de 1mm foi a que melhor se correlacionou aos valores de energia digestível obtidos pelo método de coleta total. Sauer et al., citados por Arias (1992), também encontraram um aumento na digestibilidade da proteína do farelo de soja de 88,2 para 91,3%, quando o tamanho das partículas foi reduzido de 2 para 0,5mm, respectivamente, sem que houvesse alteração na digestibilidade para a farinha de carne e ossos. Esta constatação reforça que o efeito da moagem sobre a digestibilidade depende das características dos alimentos.

Na revisão realizada por Huntington e Givens (1995), alguns autores comentam que a distribuição do tamanho das partículas após a moagem difere entre os alimentos, existindo, portanto, uma interação entre o grau de moagem e o tipo de alimento. O grau de moagem é influenciado por vários fatores envolvidos no processo (Martin, citado por Zanotto et al., 1995), portanto o diâmetro dos furos das peneiras, como parâmetro único, é insuficiente para indicar com precisão a granulometria dos produtos moídos. Existem formas para expressar matematicamente o tamanho das partículas, como o diâmetro médio (Ensor, Olson e Colenbrander, 1970) e módulo de finura (ASAE, descrito por Poppi e Norton, 1980).

Dentre os fatores que contribuem para as perdas físicas dos sacos de náilon, a porosidade deste material, granulometria das amostras e a lavagem dos

sacos parecem ser os mais importantes. Van Straalen, Odinga e Mostert (1997) avaliaram o efeito da lavagem dos sacos de náilon sobre o desaparecimento de matéria seca e do nitrogênio de vários alimentos antes que estes fossem incubados no rúmen e constataram que o desaparecimento da MS variou de 17% para a casca de soja a 45% para um concentrado comercial, enquanto que o desaparecimento do nitrogênio variou de 11% para farelo de soja a 78% para a silagem de milho. Vanhatalo e Ketoja (1995) também avaliaram as perdas de MS e nitrogênio dos sacos de náilon com porosidades de 10 e 41 micras. Estes sacos contendo a amostra de farelo de soja apresentaram uma perda de MS, após a lavagem, de 31,9 e 37,5%, respectivamente, enquanto o desaparecimento do nitrogênio para os dois tipos de sacos foi de 10,7 e 19,2%, respectivamente. Os autores comentam que a diferença na perda de MS e nitrogênio entre os dois sacos poderá estar associado à perda de partículas dos sacos. Segundo Lopez, France e Dhanoa (1994) a perda de partículas pode ser estimada através da diferença entre perda relacionada com a lavagem e solubilidade do alimento, ou seja, a perda de MS menos a perda de nitrogênio.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local

Os ensaios foram realizados na Sala de Metabolismo e no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras.

O município de Lavras, situado na região sul do Estado de Minas Gerais, está geograficamente definido pelas coordenadas de 21° 14' de latitude sul e 45°

00' de longitude oeste de Greenwich, com altitude média de 910 metros (Castro Neto, Sedyama e Vilela, 1980). O clima é do tipo CWB, segundo classificação de Koppen, tendo duas estações definidas: seca (de abril a setembro) e chuvosa (de outubro a março).

5.2 Ensaio

Foram realizados dois ensaios com o objetivo de comparar os valores de digestibilidade dos nutrientes do feno de coast-cross e capim elefante, respectivamente, por meio de dois métodos. Um terceiro ensaio foi conduzido no Laboratório de Nutrição Animal, com o intuito de comparar o desaparecimento dos nutrientes das amostras de feno de coast-cross e capim elefante com diferentes graus de moagem, após a lavagem dos sacos em água.

5.2.1 Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos de dois métodos para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes em eqüinos, que foram: o método de coleta total (padrão) e a técnica do saco de náilon móvel com amostra do alimento teste, moída em três diferentes granulometrias.

No primeiro ensaio foram comparados os valores de digestibilidade do feno de coast-cross (*Cynodon dactylon*) obtidos pelos dois métodos, totalizando quatro tratamentos. No segundo ensaio comparou-se os coeficientes de digestibilidade do capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) também por meio de dois métodos, totalizando quatro tratamentos.

O método de coleta total (padrão) foi o tratamento testemunha, determinando-se a digestibilidade da medição do consumo de alimento e as quantidades perdidas nas fezes e urina.

Na técnica do saco de náilon móvel, na qual estes sacos percorreram todo aparelho digestivo dos cavalos, utilizou-se três tratamentos, formados por três diferentes graus de moagem do alimento teste em peneiras com diâmetro de 1, 3 e 5 mm. Em ambos os ensaios os tratamentos foram aplicados ao mesmo tempo, com os cavalos alojados nas gaiolas metabólicas.

No ensaio realizado no laboratório, os tratamentos foram constituídos por três graus de moagem das amostras de feno de coast-cross e do capim elefante.

5.2.2 Período experimental e animais utilizados

Os ensaios 1 e 2 foram realizados nos meses de junho de 1997 e março de 1998, respectivamente, por um período de 20 dias, divididos numa fase pré-experimental de 15 dias e uma fase experimental de 5 dias. Durante o pré-experimento, adaptaram-se os cavalos às gaiolas metabólicas, determinando o consumo voluntário do alimento. Nos 5 dias finais procedeu-se as coletas de fezes e urina.

No primeiro ensaio foram utilizados seis cavalos adultos castrados com idade entre 6 e 8 anos, sem raça definida. O peso dos animais antes do início do período de coleta era: cavalo A – 342kg; cavalo B – 380kg; cavalo C – 326kg; cavalo D – 319kg; cavalo E – 305kg; e cavalo F – 331kg. No segundo ensaio foram utilizados os mesmos cavalos do primeiro, sendo que um animal foi substituído por não ter se adaptado à passagem de sonda. O peso dos animais antes do início do período de coleta era: cavalo A – 374; cavalo B – 378; cavalo C – 352; cavalo D – 356; cavalo E – 341; e cavalo F – 332kg.

Foram colocados termômetros de mínima e máxima e termômetros de bulbo seco e úmido dentro da sala de metabolismo, para medir as temperaturas mínimas e máximas e determinar a umidade relativa durante os vinte dias

experimentais, apenas no segundo ensaio. As temperaturas médias com seus erros padrão das mínimas tomadas às 7:30h e das máximas às 15h foram $20,2 \pm 0,46^{\circ}\text{C}$ e $29,8 \pm 1,06^{\circ}\text{C}$, respectivamente. As médias das umidades relativas com seus erros padrão determinadas às 7:30 e às 15h foram $85,0 \pm 2,16\%$ e $61,8 \pm 3,04\%$, respectivamente.

5.2.3 Manejo e alimentação dos animais

Os animais foram vermifugados, tosados e banhados com um carrapaticida, antes do período pré-experimental. Foram ainda alojados individualmente nas gaiolas metabólicas, semelhantes às descritas por Furtado e Tosi (1996), com algumas adaptações, que permitiram determinar o consumo de alimento e água, e as excreções de fezes e urina separadamente.

Durante o período pré-experimental dos ensaios a alimentação foi fornecida à vontade e no período de coleta a quantidade de alimento foi fixada em 80% do consumo voluntário determinado durante o período de adaptação, com o objetivo de evitar sobras.

No primeiro ensaio, os cavalos foram alimentados apenas com o feno de coast-cross. No segundo ensaio eles deveriam ser alimentados apenas com capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), porém foi necessária a inclusão do feno de coast-cross para controlar a diarreia de alguns, devido ao alto teor de umidade do capim. O feno de coast-cross substituiu 60% da matéria seca do capim elefante fornecido e dessa forma, a dieta ficou composta de 60% de feno de coast-cross e 40% de capim elefante. Foi necessário também submeter o capim elefante a uma pré-secagem por 1 dia no campo, para reduzir a umidade.

Foram realizados quatro fornecimentos de alimentos diários, às 8, 13, 17 e 22 horas, e a água foi completada também nos mesmos horários, para que

sempre houvesse água disponível. O feno fornecido aos animais nos ensaios foi moído em moinho de martelo com peneira de 1,1cm de diâmetro e o capim elefante foi picado antes de ser fornecido aos cavalos. Os cavalos tiveram acesso ao sal mineralizado somente durante o período pré-experimental.

Na fase pré-experimental, os cavalos eram soltos numa área sem cobertura vegetal para se exercitarem por 2 horas e, no período de coleta, os animais saíam das gaiolas por um tempo de 15 minutos, necessário para a passagem da sonda nasogástrica. A inserção dos sacos de náilon nos cavalos foi feita via sonda nasogástrica (Araújo et al., 1996a), iniciando-se no dia anterior ao primeiro dia de coleta de fezes. Às 8 horas eram inseridos 4 sacos de náilon contendo feno de coast-cross moído a 1mm, 4 sacos de náilon contendo feno moído a 3mm, 4 sacos de náilon contendo feno moído a 5mm e 1 saco de náilon com ausência de alimento (branco) por cavalo por dia, durante 5 dias consecutivos. No ensaio 2, o procedimento e número de sacos inseridos com amostra de capim elefante foram como no primeiro ensaio, exceto os sacos brancos, não foram utilizados.

5.2.4 Preparo dos sacos de náilon

Foram utilizados sacos de poliéster branco de tamanho interno de 3,5 x 6,5cm, com porosidade determinada de $60,27 \pm 1,13$ micras e preparados de acordo com Araújo et al. (1996a). Dentro de cada saco de náilon foram colocados 900mg de amostra de feno de coast-cross e capim elefante, mantendo-se a relação de 10 a 20mg de matéria seca de amostra por cm^2 de superfície dos sacos, conforme recomendação de Nocek (1988). No ensaio realizado para avaliar o desaparecimento dos nutrientes, os sacos de náilon foram idênticos aos descritos, no quais foram colocadas as mesmas quantidades de amostras de feno de coast-cross e capim elefante.

As amostras de capim elefante e feno de coast-cross foram moídas em moinho de martelo com peneiras de 1, 3 e 5mm de diâmetro do furo. Posteriormente, as amostras de feno de coast-cross e capim elefante foram peneiradas a seco para caracterizar a distribuição nas peneiras e determinar o diâmetro geométrico médio das partículas (DGP), segundo ASAE (1988).

5.2.5 Coleta das amostras

As coletas de fezes e urina iniciaram-se 24h após o fornecimento de alimento. As fezes eram coletadas três vezes ao dia, às 7, 16 e 21h, pesadas, homogeneizadas e amostradas em 10%, sendo colocadas em sacos plásticos identificados e armazenados a uma temperatura de -15°C , para posteriores análises. A urina era coletada uma vez ao dia, proveniente do período de 24 horas, posteriormente, medida com auxílio de uma proveta, retirando-se uma alíquota de 200ml/dia/cavalo e armazenada em frascos plásticos a -15°C . Foram colocados 60ml de ácido clorídrico em cada coletor de urina/dia, após a coleta. As amostras diárias de fezes, urina e do feno formaram uma amostra composta ao final dos 5 dias de coleta.

Os alimentos foram amostrados em 5% do fornecido, quatro vezes ao dia no momentos dos fornecimentos e armazenados para posteriores análises.

As coletas dos sacos de náilon foram realizadas a medida em que eram recuperados nas fezes, com exceção do período noturno, quando os sacos eliminados entre 22h e 6h, eram coletados somente às 6h. Para o cálculo do tempo de passagem dos sacos de náilon foram tomados três horários padrões de recuperação, às 6h, 14h e 22h. Cada um destes horários era subtraído do horário de inserção dos sacos (8h), sendo assim calculado o tempo de passagem. Por exemplo: quando os sacos eram recuperados nas fezes entre às 6h e 14h, o

tempo de saída do saco era tomado às 14h. Os sacos recuperados foram identificados, anotando-se o tempo de passagem e armazenados a -15° C.

5.2.6 Preparo das amostras e análises laboratoriais

Após homogeneizar as amostras compostas de fezes, retirou-se uma amostra para fazer a pré-secagem em estufa de circulação forçada a uma temperatura de 55°C por 72h. Posteriormente à pré-secagem, as amostras foram moídas em moinho de martelo com peneiras de 1mm, armazenadas em frascos de plástico identificados e tampados. As amostras de urina foram descongeladas somente no momento das análises laboratoriais.

Os sacos de náilon foram descongelados e lavados em água fria corrente numa máquina lavadora, por 15 minutos (Teixeira, Huber e Wanderley, 1989) e colocados em estufa de circulação forçada a uma temperatura de 55°C por 24h. Em seguida, os sacos foram colocados no dessecador e, posteriormente, pesados. Os sacos de náilon com tempo de passagem superior a 96h foram descartados, conforme Araújo et al. (1996b).

Os sacos de náilon recuperados por tratamento, por cavalo, durante os dias de coleta foram abertos e os resíduos formaram uma amostra composta utilizada nas análises laboratoriais de proteína bruta (PB), energia bruta (EB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo Silva (1981). Os sacos de náilon com ausência de alimento foram utilizados para determinar as impregnações, ou seja, os resíduos de fezes e microrganismos aderidos às paredes dos sacos de náilon.

Para avaliar o desaparecimento dos nutrientes, os sacos de náilon contendo amostras de feno de coast-cross e capim elefante foram submetidos diretamente à lavagem em água corrente fria por 15 minutos, por meio da

máquina lavadora. Em seguida foram colocados na estufa de circulação forçada a 55°C por 24h, para serem pesados novamente.

Nas amostras de fezes, feno de coast-cross e capim elefante foram realizadas análises de MS, PB, FDN, FDA e lignina, segundo Silva (1981). As composições químicas do feno de coast-cross e do capim elefante encontram-se na Tabela 1. As amostras de urina foram analisadas quanto aos teores de nitrogênio (N) e EB, conforme Silva (1981).

TABELA 1 - Composição química do feno de coast-cross e do capim elefante fornecidos aos cavalos e usados na técnica do saco de náilon móvel.

Alimento	Composição química na matéria seca							
	MS (%)	MO (%)	PB (%)	EB (kcal/kg)	FDN (%)	FDA (%)	HEM (%)	LIG (%)
Feno de coast-cross ¹	88,47	96,05	6,41	4448	84,64	40,15	44,49	9,10
Capim elefante ²	40,26 ³	96,65	8,65	4095	80,79	53,66	27,13	11,06

¹ Utilizado nos ensaios 1, 2 e 3

² Utilizado nos ensaios 1, 2 e 3

³ Pré-seco por um dia no campo

5.2.7 Cálculo dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes

Foram calculados os coeficientes de digestibilidade aparente para a MS, PB, EB, FDN, FDA e hemicelulose. Para o cálculo dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes para o método de coleta total foi usada a seguinte fórmula:

$$\text{CDAN (\%)} = \frac{(\text{Ncon} - \text{Nfec})}{\text{Ncon}} \times 100$$

sendo:

CDAN – coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente

Ncon – quantidade do nutriente consumido em gramas

Nfec – quantidade do nutriente nas fezes em gramas.

A digestibilidade dos nutrientes do capim elefante foi calculada por diferença da digestibilidade do feno de coast-cross, utilizando a fórmula de Matterson et al. (1965).

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes obtidos pela técnica do saco de náilon móvel foram calculados usando a fórmula abaixo:

$$\text{CDAN (\%)} = \left[\frac{(\text{Pa} \times \text{Na}) - (\text{Pr} \times \text{Nr})}{(\text{Pa} \times \text{Na})} \right] \times 100$$

sendo:

CDAN – coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente

Pa – peso da amostra seca a 55°C

Na – percentagem do nutriente na amostra

Pr – peso do resíduo seco a 55°C

Nr – Percentagem do nutriente no resíduo.

O desaparecimento dos nutrientes dos sacos de náilon após a lavagem foi calculado da mesma forma como relatado para técnica do saco de náilon móvel.

5.2.8 Delineamento experimental

Na análise estatística foram comparados os valores de digestibilidade obtidos pelo método de coleta total com os valores determinados através da técnica do saco de náilon móvel para o feno de coast-cross e capim elefante. Para comparar os valores de digestibilidade do feno de coast-cross foi utilizado um delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos (coleta total e a técnica do saco de náilon móvel) e cinco repetições (o cavalo), pois foram perdidos os valores de digestibilidade do bloco B, cujo cavalo não se adaptou à passagem da sonda nasogástrica. No entanto, este cavalo permaneceu no ensaio para que pudessem ser coletados os dados provenientes do método de coleta total, a ser utilizado no capítulo 4. O modelo utilizado foi o seguinte:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + M_j + E_{(i,j)},$$

sendo:

Y_{ij} – coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes do feno de coast-cross, referente ao cavalo i e ao método j

μ - constante associada a todas as observações

B_i – efeito do cavalo i , sendo $i = 1, 2, 3, 4, 5$

M_j – efeito do método j , sendo $j = 1, 2, 3, 4$

$E_{(i,j)}$ – erro aleatório associado a cada observação que, por hipótese, tem distribuição normal, média zero e variância σ^2 .

No ensaio 2, foi utilizado o mesmo modelo, mas com seis repetições e foram comparados os valores de digestibilidade do capim elefante. No terceiro ensaio foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos (graus de moagem) e nove repetições, sendo a análise realizada

separada para cada alimento. O modelo estatístico usado para descrever o desaparecimento dos nutrientes dos alimentos testes foi:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + E_{(i)j},$$

sendo:

Y_{ij} – desaparecimento da MS, PB e FDN do alimento teste, referente a granulometria i e a repetição j

μ - constante associada a todas as observações

G_i – efeito da granulometria, sendo $i = 1, 2, 3$

$E_{(i)j}$ – Erro aleatório associado a cada observação que, por hipótese, tem distribuição normal, média zero e variância σ^2 .

Os resultados foram analisados pelo pacote computacional SAEG (Sistema de Análise Estatística e Genética) desenvolvido por Euclides (1997). Foi utilizado um teste de média (*Student Newman Keuls*) para comparar os resultados obtidos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Consumo dos nutrientes

Os resultados de consumo diário de matéria seca, proteína bruta, energia digestível e água com os respectivos pesos dos cavalos, alimentados com feno de coast-cross e feno de coast-cross mais capim elefante encontram-se nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

O consumo limitado do feno de coast-cross foi adequado para atender às exigências diárias de manutenção de MS, PB e ED dos cavalos, uma vez que as

exigências de manutenção de MS, PB e ED para cavalos com um peso médio de 334kg é de 1,7% do peso corporal, 457g/dia e 11400kcal/dia, respectivamente (NRC, 1989). Apenas o cavalo D apresentou um consumo de PB abaixo da exigência. O nível de consumo parece não afetar a digestibilidade dos nutrientes em eqüinos. Todd et al. (1995) verificaram que o consumo de feno de alfafa na forma de cubos ao nível de manutenção e 1,4 vez acima da manutenção não afetou os coeficientes de digestibilidade da MS, EB, PB e o tempo de trânsito da digesta.

Neste trabalho, a ingestão de água por kg de MS de feno de coast-cross para todos os cavalos está dentro dos limites encontrados pela literatura, que sugere um consumo de 2 a 4 litros por kg de MS consumida (Cunha, 1991). Entretanto, Fannesbeck, citado por Cunha (1991) verificou que a média de consumo de água por kg de MS foi de 3,6kg para cavalos alimentados apenas com feno e 2,9kg de água para os cavalos alimentados com feno e grão.

O consumo fixado da dieta composta de 60% de feno de coast-cross e 40% de capim elefante foi adequado para atender às exigências de manutenção de MS e PB de todos os animais, exceto para o cavalo E, enquanto o consumo de ED não atendeu a exigência de manutenção, ficando, em média, 18% abaixo do valor ideal (NRC, 1989). A ingestão de água por kg de MS obtido nesse ensaio está dentro dos limites de 2 a 4 litros citados pelo NRC (1989) e por Cunha (1991).

Em ambos os ensaios, a fixação do consumo dos alimentos em 80% do consumo voluntário foi adequada para evitar as sobras e a seleção dos alimentos.

TABELA 2 – Peso corporal (PC), consumo de matéria seca diário por 100kg de peso corporal (CMS/100kg), consumo de proteína bruta diário por 100kg de peso corporal (CPB/100kg), consumo de energia digestível diário (CED/dia) e ingestão de água diária por kg de matéria seca (I água/MS) para os seis cavalos alimentados com feno de coast-cross.

Parâmetros	Cavalos (Blocos)						Média
	A	B	C	D	E	F	
PC (kg)	342	380	326	319	305	331	334
CMS (kg/100kg) ¹	2,16	2,62	2,35	1,74	2,25	2,24	2,23
CPB (g/100kg)	131,1	158,6	142,4	105,5	136,5	135,5	134,9
CED (kcal/dia) ²	15595	17681	14223	11046	12833	13284	14110
I água (kg/kg MS)	2,38	3,07	2,69	3,93	3,16	2,88	3,02

¹ Valor fixado em 80% do consumo voluntário determinado no pré-experimento

² Valor calculado, utilizando a energia digestível do método de coleta total obtida no primeiro ensaio

TABELA 3 – Peso corporal (PC), consumo de matéria seca diário por 100kg de peso corporal (CMS/100kg), consumo de proteína bruta diário por 100kg de peso corporal (CPB/100kg), consumo de energia digestível diário (CED/dia) e ingestão de água diária por kg de matéria seca (I água/MS) para os seis cavalos alimentados com feno de coast-cross e capim elefante.

Parâmetros	Cavalos (Blocos)						Média
	A	B	C	D	E	F	
PC (kg)	374	378	352	356	341	332	355
CMS (kg/100kg) ¹	1,76	1,90	2,19	2,01	1,39	1,98	1,87
CPB (g/100kg)	125,5	135,6	155,9	144,0	99,5	141,3	133,6
CED (kcal/dia) ²	10259	10920	11653	10571	7221	10211	10139
I água (kg/kg MS)	2,71	3,14	2,95	4,31	2,61	3,22	3,16

¹ Valor fixado em 80% do consumo voluntário determinado no pré-experimento

² Valor calculado, utilizando a energia digestível do método de coleta total obtida no segundo ensaio

6.2 Tempo de passagem e recuperação dos sacos de náilon

O tempo médio de passagem e a percentagem de recuperação dos sacos de náilon contendo as amostras de feno de coast-cross e capim elefante estão apresentados nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Não foi detectada diferença no tempo de passagem entre os três graus de moagem e nem para os sacos de náilon contendo amostra de feno de coast-cross, como para aqueles com amostra de capim elefante. Os sacos de náilon com tempo de passagem superior a 96 horas foram descartados, visto que as 96 horas subsequentes à administração do óxido crômico foram suficientes para a recuperação de 99,8% (Vander Noot et al., 1967). Isto demonstra que os sacos de náilon com o tempo de passagem superior a 96 horas poderão alterar os valores de digestibilidade do alimentos, pois não representam com fidelidade o tempo de passagem da digesta.

O tempo de passagem dos sacos de náilon no trato digestivo do cavalos com amostra de feno de coast-cross variou de 46,02 a 48,63 horas para os graus de moagem de 5 e 3, respectivamente. Esses resultados se aproximam dos encontrados por Araújo et al. (1996b), que verificaram um tempo médio de passagem dos sacos com amostra de feno de coast-cross moída a 1mm de 56,54 horas. Foi verificado nos resultados do primeiro ensaio que o tempo de passagem dos sacos com ausência de alimento foi inferior ao ($P < 0,05$) daqueles que continham alimento. Araújo et al. (1996b) também encontraram um menor tempo de passagem para sacos de náilon com ausência de alimento, o que atribuíram ao menor peso dos sacos, o que acelerou o trânsito deles através do aparelho digestivo.

O tempo de passagem dos sacos de náilon contendo amostra de capim elefante variou de 43,56 a 47,52 horas para os graus de moagem 5 e 3, respectivamente. Este resultados assemelham-se aos obtidos por Araújo et al.

(1996b), que encontraram um tempo médio de passagem dos sacos de 44,47 horas, com amostra de capim elefante moída a 1mm.

A recuperação dos sacos contendo amostras de feno de coast-cross e capim elefante até 96 horas após a introdução não diferiu entre os graus de moagem dos alimentos. Os valores de recuperação dos sacos de náilon foram considerados altos, ou seja, acima de 80%. Este fator é fundamental para o sucesso do uso dessa técnica, pois, em condições de baixa recuperação dos sacos de náilon, as análises químicas dos resíduos tomam-se limitadas. Em bovinos, com objetivo de superar a retenção de sacos de náilon durante a passagem pelo intestino, Ramos et al. (1996) utilizaram sacos de formato hexagonal e obtiveram mais de 90% de recuperação. Valores de recuperação de sacos de náilon contendo amostras de volumosos encontrados por Araújo et al. (1996b) também foram superiores a 80%.

TABELA 4 - Tempo de passagem e percentagem de recuperação dos sacos de náilon para os três graus de moagem do feno de coast-cross e para os sacos com ausência de alimento (branco).

Tratamento	Tempo de passagem	Percentagem de recuperação dos sacos	
	(horas)	Até 96h (%)	Total (%)
Moagem 1mm	47,50 a ²	89,98 a ²	98,88 a ²
Moagem 3mm	48,63 a	83,30 a	92,20 a
Moagem 5mm	46,02 a	80,02 a	90,00 a
Branco	37,65 b	89,98 a	89,98 a
CV ¹ (%)	12,03	13,43	9,30

¹ Coeficiente de variação

² Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 5 - Tempo de passagem e percentagem de recuperação dos sacos de náilon para os três graus de moagem do capim elefante.

Tratamento	Tempo de passagem	Percentagem de recuperação dos sacos	
	(horas)	Até 96h (%)	Total (%)
Moagem 1mm	44,82 a	82,50 a	89,17 a
Moagem 3mm	47,52 a	78,33 a	86,67 a
Moagem 5mm	43,56 a	80,00 a	85,00 a
CV ¹ (%)	11,47	8,33	8,64

¹ Coeficiente de variação

² Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

6.3 Granulometria das amostras

Os resultados de distribuição de partículas nas peneiras e diâmetro geométrico das partículas (DGP) obtidos após o peneiramento a seco das amostras de feno de coast-cross e capim elefante encontram-se na Tabela 6.

Observou-se que alimentos moídos nas mesmas peneiras apresentaram resultados diferentes de DGP. Este fato reforça as afirmações da revisão de Huntington e Givens (1995), em que a distribuição do tamanho das partículas após a moagem difere entre os alimentos, existindo, portanto, uma interação entre o grau de moagem e o tipo de alimento. Entretanto, a diferença no DGP entre os alimentos poderá também ser atribuída à técnica do peneiramento seco. Ensor, Olson e Colenbrander (1970) comentam que esta técnica é aplicada às partículas de formas esféricas e cúbicas, como concentrados, não sendo adequada para classificar partículas alongadas como grãos floculados e forragens moídas. Uden e Van Soest (1982b) verificaram que as partículas no peneirado seco têm tendência a saltar em círculo na separação entre peneiras e a

passar pelos poros da peneira abruptamente, o que pode provocar alterações na distribuição do tamanho das partículas e refletindo também no DGP.

TABELA 6 – Percentagem de partículas retidas nas peneiras e diâmetro geométrico médio das partículas (DGP) dos três graus de moagem do feno de coast-cross e capim elefante.

Alimento/grau de moagem	Diâmetro do furo das peneiras (mm)									DGP ¹ (mm)
	3,0	2,0	1,5	1,0	0,5	0,25	0,12	0,07	Prato	
Feno a 1 mm	- ²	-	-	2,82	52,22	21,37	18,95	2,62	2,02	0,445
Feno a 3 mm	2,41	0,60	6,44	13,08	57,75	12,88	-	-	6,84	0,773
Feno a 5 mm	3,42	1,81	5,84	17,51	48,29	15,09	-	-	8,05	0,802
Capim a 1 mm	-	-	-	0,0	15,16	44,67	29,92	9,76	3,48	0,290
Capim a 3 mm	-	0,40	2,82	10,66	62,17	13,88	7,85	-	2,21	0,627
Capim a 5 mm	0,0 ³	0,40	1,81	10,24	55,42	21,08	-	-	11,04	0,654

¹ Valor calculado segundo ASAE (1988)

² Não utilizou a peneira descrita

³ Não houve sobra de amostra para pesagem

6.4 Desaparecimento dos nutrientes pela lavagem do sacos náilon em água

Os resultados de desaparecimento de MS, PB e FDN dos sacos de náilon contendo amostras de feno de coast-cross e capim elefante após a lavagem em água, estão apresentados nas Tabelas 7 e 8, respectivamente.

A percentagem de desaparecimento da MS, PB e FDN para os sacos com amostra de feno de coast-cross foram diferentes ($P < 0,05$) nos três graus de moagem, sendo que os sacos contendo amostra moída a 1mm apresentaram os maiores valores. O desaparecimento de MS e PB era esperado pois a água é capaz de solubilizar parte do nitrogênio (Vanhatalo e Ketoja, 1995; Van Straalen, Odinga e Mostert, 1997) e também alguns carboidratos não estruturais e de reserva dos alimentos (Van Soest, 1994), mas o desaparecimento da FDN se deve principalmente à perda física de material dos sacos de náilon.

Os resultados de desaparecimento de MS, PB e FDN dos sacos contendo amostra de capim elefante foram diferentes ($P < 0,05$) entre os três graus de moagem das amostras. Os maiores percentuais de desaparecimento de MS, PB e FDN foram apresentados pela amostra moída a 1mm, confirmando os resultados obtidos com feno de coast-cross. A diferença no desaparecimento da PB entre a moagem a 3 e 5mm, provavelmente se deve à falta de uniformidade das amostras colocadas dentro dos sacos, ou seja, a diferença nas proporções de caule e folha da amostra de capim elefante.

O desaparecimento da PB e FDN obtidos com o capim elefante foi ligeiramente maior do que o verificado com o feno de coast-cross. Os maiores valores de desaparecimento de FDN estão relacionados à perda física de pequenas partículas dos sacos, enquanto que os valores da PB podem estar relacionados com as formas de nitrogênio presentes na planta. Van Straalen, Odinga e Mostert (1997) estudaram, em vários alimentos o desaparecimento do nitrogênio após a lavagem em água e verificaram que para o nitrogênio não protéico ele foi muito maior que o nitrogênio presente nos aminoácidos. Entretanto, se a forragem é rica em albumina, a água poderá dissolver 50% das proteínas citoplasmáticas (Van Soest, 1994). A pesquisa para se obter maiores detalhes de cada alimento, exige o fracionamento da análise química do nitrogênio.

A perda de partículas dos sacos pode ser estimada pela diferença entre o desaparecimento da MS e do material solúvel (Lopez, France e Dhanoa, 1994). Nesta pesquisa, a diferença entre o desaparecimento de PB e MS foi negativa para as amostras de feno de coast-cross e capim elefante, indicando que nem todo material solúvel desaparece dos sacos de náilon durante a lavagem em água. Resultados semelhantes foram obtidos por Vanhatalo e Ketoja (1995), utilizando amostras de silagens de gramíneas.

TABELA 7 – Percentagem de desaparecimento de matéria seca (DMS), proteína bruta (DPB) e fibra em detergente neutro (DFDN) de amostras de feno de coast-cross nos três graus de moagem, após a lavagem dos sacos de náilon em água.

Tratamentos	Percentagem de desaparecimento dos nutrientes (%)		
	DMS	DPB	DFDN
Saco náilon (1mm)	14,00 a ²	34,43 a ²	3,86 a ²
Saco náilon (3mm)	10,57 b	20,94 b	0,08 b
Saco náilon (5mm)	9,92 b	19,80 b	0,00 b
CV ¹ (%)	13,12	17,13	67,27

¹ Coeficiente de variação

² Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 8 – Percentagem de desaparecimento de matéria seca (DMS), proteína bruta (DPB) e fibra em detergente neutro (DFDN) de amostras do capim elefante nos três graus de moagem, após a lavagem dos sacos de náilon em água.

Tratamentos	Percentagem de desaparecimento dos nutrientes (%)		
	DMS	DPB	DFDN
Saco náilon (1mm)	16,35 a ²	47,98 a ²	7,18 a ²
Saco náilon (3mm)	12,31 b	47,04 b	0,82 b
Saco náilon (5mm)	11,62 b	35,96 c	0,58 b
CV ¹ (%)	7,30	1,35	52,14

¹ Coeficiente de variação

² Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

6.5 Digestibilidade dos nutrientes

Os valores de digestibilidade aparente da MS, PB, EB, FDN, FDA e hemicelulose do feno de coast-cross e capim elefante obtidos por meio do método de coleta total e do saco de náilon móvel, encontram-se nas Tabelas 8 e 9, respectivamente.

Não foram verificadas diferenças nos coeficientes de digestibilidade aparentes da MS, EB e hemicelulose do feno coast-cross obtidos pelos métodos de coleta total e saco de náilon com amostra moída a 1mm. Para as demais granulometrias do feno de coast-cross presentes nos sacos, a digestibilidade aparente da MS, PB, EB, FDN, FDA e hemicelulose foi diferente ($P < 0,05$) do método de coleta total. A digestibilidade aparente da PB foi maior para amostra de feno de coast-cross moída a 1mm, intermediária para amostras moídas a 3 e 5mm e menor quando se usou o método de coleta total. Os valores de PB superestimados pela técnica do saco de náilon móvel podem estar relacionados, em parte, com a perda física de pequenas partículas dos sacos e também através do processo de lavagem do sacos, que tendem a remover as contaminações endógenas e bacterianas, o que não acontece quando se determina a digestibilidade aparente pelo método de coleta total. Desta forma, talvez a digestibilidade da PB obtida pela técnica do saco de náilon móvel seja mais próxima da digestibilidade da PB verdadeira estimada pelo método de coleta total, uma vez que a fração metabólica fecal de nitrogênio poderá chegar a 9,1mg/g de MS consumida, em eqüinos alimentados exclusivamente com feno (Gibbs et al. 1988).

Resultados superestimados de digestibilidade aparente da PB foram encontrados por Boer, Murphy e Kennelly (1986), quando trabalharam com a técnica do saco de náilon móvel em bovinos para determinar a digestibilidade

pós-ruminal. Os autores justificam esses resultados em função da lavagem do sacos, que tende a remover as contaminações endógenas e bacterianas.

Os resultados de digestibilidade aparente da FDN e FDA foram subestimados pela técnica do saco de náilon móvel, o que pode ser justificado pelo dobramento dos sacos no intestino grosso dos eqüinos, limitando o ataque microbiano, já que a porosidade deles não foi limitante (Nocek, 1988; Huntington e Givens, 1995). Araújo et al. (1996b), utilizando a técnica do saco de náilon móvel em eqüinos, encontraram valores de digestibilidade do FDN de 43,17%, resultados semelhantes aos obtidos nesta pesquisa.

Através da passagem dos sacos de náilon com ausência de alimento pelo aparelho digestivo dos eqüinos, obteve-se o valor médio das impregnações de 1,97mg/saco ou 0,80% por saco. Este resultado foi menor que o encontrado por Araújo et al. (1996a), os quais verificaram impregnações de $9,54 \pm 0,8$ mg/saco ou 2,04% por saco. Isto sugere que nesta pesquisa a lavagem dos sacos foi mais eficiente, reduzindo as partículas aderidas às paredes dos sacos. Mas, a lavagem dos sacos de náilon por 15 minutos em água, poderá também ser mais uma das fontes de perda das partículas, causando uma superestimação dos valores de digestibilidade.

Os valores de digestibilidade aparente da MS, EB e FDN do capim elefante não diferiram entre o método de coleta total e saco de náilon móvel com amostra moída a 5mm, enquanto para a PB, FDA e hemicelulose os coeficientes de digestibilidade foram diferentes ($P < 0,05$) entre os dois métodos. As diferenças encontradas entre os graus de moagem para MS, EB e FDA se devem, principalmente a perda de partículas dos sacos de náilon, como mostrado no ensaio de lavagem dos sacos em água. Os resultados de digestibilidade

TABELA 9 - Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA) e hemicelulose (CDAHE) do feno de coast-cross, usando a técnica do saco de náilon móvel e o método de coleta total.

Tratamentos	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)					
	CDAMS	CDAPB	CDAEB	CDAFDN	CDAFDA	CDAHE
Saco náilon (1mm)	44,73 a ²	68,24 a ²	40,38 a ²	36,83 b ²	17,22 b ²	54,55 a ²
Saco náilon (3mm)	40,98 b	64,86 b	35,68 b	34,92 b	19,72 b	48,67 b
Saco náilon (5mm)	40,33 b	61,69 b	35,06 b	34,25 b	17,97 b	48,96 b
Coleta total	43,47 a	40,41 c	42,87 a	45,69 a	34,72 a	55,57 a
C V ¹ (%)	3,82	4,00	5,89	4,69	9,80	4,38

¹ Coeficiente de variação

² Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

aparente da PB não foram subestimados pela técnica do saco de náilon móvel e sim superestimados pelo método de coleta total, visto que Furtado (1991) e Figueiredo et al. (no prelo) encontraram valores de digestibilidade aparente da PB do capim elefante de 28,35 e 44,9%, respectivamente, utilizando o método de coleta total.

A digestibilidade do capim elefante foi determinada por diferença da digestibilidade do feno de coast-cross. Neste caso, admite-se que os coeficientes de digestibilidade do feno são inalterados pela adição do outro alimento, o que na realidade não acontece devido ao efeito associativo dos alimentos. Segundo Schneider e Flatt, citados por Coelho da Silva e Leão (1979), tais efeitos associativos são relativamente grandes no coeficiente de digestibilidade da PB, sugerindo que a digestibilidade da proteína seja determinada de forma isolada. Em bovinos, a digestibilidade dos nutrientes de uma dieta composta de forragem e grãos poderá ter efeito associativo positivo quando o consumo for no nível de manutenção, mas poderá ter um efeito associativo negativo com um consumo

elevado (Merchen e Bourquin, 1994). A combinação de diferentes forrageiras poderá proporcionar efeitos associativos positivos quando uma forragem suprir um nutriente deficiente, principalmente proteína (Merchen e Bourquin, 1994). Nesta pesquisa, a combinação do capim elefante com feno de coast-cross proporcionou uma digestibilidade aparente da PB de 57,10%, enquanto que a digestibilidade exclusiva do feno de coast-cross foi de 43,47%. De acordo com Coelho da Silva e Leão (1979), se um determinado alimento for adicionado a uma ração em uma proporção que representa 5% da proteína total da ração, uma alteração de 1% no coeficiente de digestibilidade aparente da proteína da ração pode resultar em uma mudança de aproximadamente 20% na digestibilidade aparente da proteína do alimento adicionado.

TABELA 10 - Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA) e hemicelulose (CDAHE) do capim elefante, usando a técnica do saco de náilon móvel e o método de coleta total.

Tratamentos	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)					
	CDAMS	CDAPB	CDAEB	CDAFDN	CDAFDA	CDAHE
Saco náilon (1mm)	37,42 a ²	63,72 b ²	34,81 a ²	32,14 a ²	20,71 a ²	51,96 b ²
Saco náilon (3mm)	34,69 b	61,25 b	31,73 b	28,86 ab	17,38 b	48,80 b
Saco náilon (5mm)	32,24 c	59,43 b	29,10 c	27,06 b	13,52 c	50,54 b
Coleta total	30,28 c	82,67 a	27,35 c	29,75 ab	7,22 d	60,06 a
C V ¹ (%)	4,91	4,45	5,76	9,58	17,14	11,77

¹ Coeficiente de variação

² Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

7 CONCLUSÕES

A moagem das amostras dos alimentos a 1mm proporcionou a maior perda de partículas dos sacos de náilon.

A técnica do saco de náilon móvel com amostra de feno de coast-cross moída a 1mm se mostrou um bom método para estimar a digestibilidade aparente de MS, EB e hemicelulose.

A técnica do saco de náilon móvel com amostra de capim elefante moída a 5mm é precisa para estimar a digestibilidade aparente da MS, EB e FDN.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, K. V.; LIMA, J. A de F.; TEIXEIRA, J. C. et al. Uso da técnica do saco de náilon móvel na determinação da digestibilidade aparente em eqüinos. *Revista da Soc. Bras. Zootecnia*. Viçosa, v.25, n.5, p.957-963.1996a
- ARAÚJO, K. V.; LIMA, J. A de F.; TEIXEIRA, J. C. et al. Determinação da digestibilidade aparente do nutriente de alguns concentrados e volumosos para eqüinos, pela técnica do saco de náilon móvel. *Revista da Soc. Bras. Zootecnia*. Viçosa, v.25, n.5, p.944-956.1996b.
- ARIAS, A.M.C. *Avaliação da degradabilidade ruminal e da digestibilidade intestinal de vários alimentos, utilizando-se a técnica do saco de náilon móvel*. Viçosa: UFV, 1992, 108p, (Tese-Mestrado em Zootecnia).
- ASAE, *Method of determining and expressing particle size of chopped forage materials by screening*. ASAE standard S424. P.374-376, 1988.

- BOER, G. de; MURPHY, J. J.; KENNELLY, J. J.** Mobile nylon bag for estimating intestinal availability of rumen undegradable protein. **Journal Dairy Science**. Champaign, v.70, n.5, p.977-982, maio, 1986.
- BRAND, T. S.; BADENHORST, H. A; SIEBRITS, F. K. et al.** Use of the mobile nylon bag technique to determine digestible energy in pig diets. **South African Journal of Animal Science**, Pretoria, v.19, n.4, p.165-171, mar, 1989.
- CASTRO NETO, P.; SEDIYAMA, G. C.; VILELA, E. A** de Probabilidade de ocorrência de período secos em Lavras, Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v.4, n1, p.55-65, jan/jun., 1980.
- COELHO DA SILVA, J. F. e LEÃO, M. I.** **Fundamentos de Nutrição dos Ruminantes**. Piracicaba: Livrocerec Ltda, 1979, 380p.
- CUNHA, T. J.** **Horse Feeding and Nutrition**. Gainesville: Academic Press, 2ed. 1991, 445p.
- ENSOR, W. L.; OLSON, H. H.; COLENBRANDER, V. F.** A report: Committee on classification of particle size in feedstuffs. **Journal of Dairy Science**. Champaign, v.53, n.5, p.689-690. maio.1970.
- EUCLYDES, R.F.** **Manual de utilização do Programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas)** UFV, Viçosa, 1997. 150p.(versão7.0).
- FIGUEIREDO, D. M.; ARAÚJO, K. V.; LIMA, J. A de F. et al.** Valores de digestibilidade de alimentos volumosos para eqüinos. Viçosa. **Revista Brasileira de Zootecnia** (no prelo).
- FURTADO, S. I.** **Ensaio de digestibilidade em eqüinos recebendo rações com uréia**. Viçosa: UFV, 1991, 59p.(Tese- mestrado em Zootecnia).
- FURTADO, C. E. e TOSI, H.** Gaiola de metabolismo para eqüinos. In: **XXXIII REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, Fortaleza, 1996. **Anais.... Nutrição de não ruminantes**. v.4. Fortaleza. SBZ. 1996. p.192-193.
- GIBBS, P. G.; POTTER, G. D. SCHELING, G. T. et al.** Digestion of hay protein in different segments of the equine digestive tract. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.66, n.2, p.400-406.1988.

- GORSKI, J. et al. An urine and feces collection apparatus for heifers and cows. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.16, n.1, p.100-109.1957.
- HAENLEIN, G. F. W.; HOLDREN, R. D.; YOON. Y. M. Comparative response of horse and sheep to different physical forms of alfalfa hay. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.25, n.4, p.740-743, 1966.
- HUNTINGTON, J. A. e GIVENS, D. I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. **Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)**. London, v.65, n2, p.63-93, fev, 1995.
- KNAPKA, J. J.; BARTH, K. M.; BROWN, D. G. et al. Evaluation of polyethylene, chromic oxide, and cerium-144 as digestibility indicators in burros. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.92, n.1, p.79-85, maio.1967.
- LOPEZ, S. ; FRANCE, J.; DHANOA, M. S. A correction for particulate matter loss when applying the polyester-bag method. **British Journal of Nutrition**. Cambridge, v.71, p.135-137, 1994.
- MATTERSON, L.D.; POTTER,L.M.; STUTZ, M.W. et al. The metabolizable energy of feeds ingredient for chickens. Stor, Connecticut; **The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station**, 1965.11p. (research Report,7).
- MAYNARD, L. A. e LOOSLI, J. K. **Nutrição Animal**. Rio de Janeiro Usaid, 1966, 550p.
- MERCHEN, N. R. e BOURQUIN, L. D. Processes of digestion and factors influencing digestion of forage-based diets by ruminants. In: **CONFERENCE ON FORAGE QUALITY , EVALUATION, AND UTILIZATION**, Lincoln, 1994. **Anais...**, Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.564-612.
- NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.71, n.8, p.1052-1069, 1988.
- NRC – NATIONAL ACADEMY PRESS. **Nutrient requeriments of horses**. 5 ed ver. , Washington. D. C., 1989. 100p.

- PARKINS, J. J.; SNOWD, H.; ADAMS, S. The apparent digestion of "complete diets" cubes given to throughbred horses and the use of chromic oxide as inert fecal marker. **British Vet Journal**. v.138, p.350-355, 1982.
- POPPI, D. P. e NORTON, B. W. The validity of the critical size theory for particles leaving the rumen. **Journal Agric. Science Camb. Queensland**, v.94, p.275-280, 1980.
- RAMOS, S. M.; VALADARES FILHO, S de C.; COELHO DA SILVA, F. et al. Utilização da técnica do saco de náilon móvel para determinação da digestibilidade intestinal de vários alimentos, em novilhos cecotomizados. **Revista da Soc. Bras. Zootecnia**. Viçosa, v.25, n.4, junho/ago. p. 778-792. 1996.
- SAUER, W. C.; JORGENSEN, H.; BERZINS, R. A modified naylor bag technique for determining apparent digestibilities of protein in feedstuffs for pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.63, n.1, p.223-237, mar.1983.
- SILVA, D. J. da. **Análise de Alimentos (Métodos Químicos e Biológicos)**. Viçosa, UFV. 1981. 166p.
- STILLIONS, M. C. e NELSON, N. E. Metabolism stall for male equine. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.27, n.1, p68-72. jan.1968.
- TEIXEIRA, J. C.; HUBER, J. T.; WANDERLEY, R. da C. Uso da técnica de saco de náilon móvel para estimar digestibilidade pós-ruminal em vacas leiteiras. **Revista da Soc. Bras. Zootecnia**, Viçosa, v.18, n.4, p.285-294. Dez, 1989.
- TODD, K. L.; SAUER, W. C.; CHRISTOPHERSON, R. J. et al. The effect of level of feed intake on nutrient and energy digestibility and rate of feed passage in horses. **Journal Animal Physiol. and Animal Nutrition**. Berlin v.73, p.140-148, 1995.
- UDEN, P. e VAN SOEST, P. J. The determination of particle size in some herbivores. **Animal Feed Science Technol.**, v.7, p.35-44,1982b.
- VANDER NOOT, G.W.; SYMONS, L. D.; LYDMAN; R. K. et al. Rate of passage of various feedstuffs through the digestive tract of horses **Journal of Animal Science**. Champaign, v.26, n.6, p.1309-1311, nov. 1967.

- VANDER NOOT, G. W.; FONNESBECK, P. V.; LYDMAN; R. K. Equine metabolism stall and collection harness. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.24, n.3, p.691-698.aug.1965.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Ithaca: Cornell University Press. 1994, 476p.
- VANHATALO, A e KETOJA, E. The role of the large intestine in post-ruminal digestion of feeds as measured by the mobile-bag method in cattle. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.73, p.491-505, 1995.
- VAN STRAALLEN, W. M.; ODINGA, J. J.; MOSTERT, W. Digestion of feed amino acids in the rumen and small intestine of dairy cows measured with nylon-bag techniques. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.77, p.83-97, 1997.
- ZANOTTO, D. L.; NICOLAIEWSKY, S.; FERREIRA, A. S. et al. Granulometria do milho na digestibilidade das dietas para suínos em crescimento e terminação. **Revista da Soc. Bras. Zootecnia**. Viçosa, v.24, n.3, p.428-436. maio/junho.1995.

CAPÍTULO 3: Comparação da técnica do saco de náilon móvel com o método de coleta total para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes de alimentos concentrados

1 RESUMO

Araújo, K. V. Comparação da técnica do saco de náilon móvel com o método de coleta total para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes de alimentos concentrados Lavras: UFLA, 1999. 155p. (Tese de Doutorado em Nutrição Animal - Monogástricos)*

Foram realizados dois ensaios no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras - MG, objetivando avaliar a precisão da técnica do saco de náilon móvel em relação ao método de coleta total, para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes em eqüinos. Foram utilizados seis cavalos adultos sem raça definida com idade média de sete anos. No primeiro ensaio foram comparados os valores de digestibilidade dos nutrientes do milho, através da técnica do saco de náilon móvel com amostra moída em três diferentes granulometrias com o método de coleta total. No segundo ensaio foi comparada a digestibilidade dos nutrientes do farelo de soja pelos dois métodos. Foi avaliado em laboratório o desaparecimento dos nutrientes das amostras de milho e farelo de soja moídas em três diferentes granulometrias, após a lavagem dos sacos em água. Utilizou-se um delineamento em blocos casualizados, onde cada cavalo constituiu o bloco e os métodos de determinação da digestibilidade, os tratamentos. Os resultados mostraram que a técnica do saco de náilon móvel não foi precisa para estimar a digestibilidade dos nutrientes do milho e farelo de soja, necessitando melhor ajuste. Foi verificado que nas amostras moídas a 1mm houve uma maior perda de pequenas partículas dos sacos de náilon, após a lavagem em água. A substituição de 40% do feno de coast-cross pelo farelo de soja não foi adequada para estimar a digestibilidade por diferença do farelo de soja pelo método de coleta total.

* Comitê Orientador: José Augusto de Freitas Lima (Orientador), Antônio Gilberto Bertechini, Elias Tadeu Fialho, Joel Augusto Muniz e Júlio César Teixeira.

2 ABSTRACT

Araújo, K. V. Comparison of the mobile nylon bag technique with the total collection method to determinate the apparent digestibility of the nutrients of concentrate feeds. Lavras: UFLA, 1999. 155p. (Doctor's Thesis in Monogastric Animal Nutrition)*

Two experiments were carried out at the Department of Animal Science of the Universidade Federal de Lavras – MG, in order to evaluate the precision of the mobile nylon bag technique relative to the total collection method to estimate the apparent digestibility of nutrients in equine. Six adult horses without a definite breed and with means seven years old were utilized. In the first experiment, the values of digestibility of the nutrients in corn were compared through the mobile nylon bag technique with sample ground at three different granulometries with the total collection method. In the second assay, the digestibility of the nutrients in soybean meal was compared to the two methods. The disappearance of the nutrients of the samples of corn and soybean meal ground at three different granulometries was evaluated in laboratory after washing of the bags in water. It was utilized a randomized block design was used each horse made up the block and the treatments were formed by methods digestibility. The results showed that the mobile nylon bag technique was not precise to estimate the digestibility of the nutrients in corn and soybean meals, needing a better adjustment. It was found that in the samples ground at 1mm there was greater loss of small particles from the nylon bags after washing in water. The substitution of 40% of coast-cross hay by soybean meal was not suitable to estimate the digestibility by difference of soybean meal by the total collection method.

* Guidance Committee: José Augusto de Freitas Lima (Adviser), Antônio Gilberto Bertechini, Elias Tadeu Fialho, Joel Augusto Muniz and Júlio César Teixeira

3 INTRODUÇÃO

Técnicas específicas devem ser empregadas quando se deseja avaliar alimentos que não podem ser fornecidos isoladamente aos equinos ou quando se pretende determinar o coeficiente de digestibilidade de determinados ingredientes contidos na ração. Nesta avaliação, faz-se necessária a determinação do coeficiente de digestibilidade indiretamente, associando-se o alimento em estudo a outro, cuja digestibilidade é conhecida e calculando-se a digestibilidade do alimento teste por diferença do alimento padrão. Neste método admite-se que os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes da ração ou alimento padrão sejam inalterados com a adição do alimento teste. Mas, isso não ocorre devido aos efeitos associativos dos alimentos que referem-se à diferença não aditiva na digestibilidade do alimento presente na ração comparada a digestibilidade do alimento exclusivo.

O uso da técnica do saco de náilon móvel, no qual pequenas amostras de alimentos teste são colocadas dentro de sacos de náilon e percorrem todo aparelho digestivo dos equinos, poderá reduzir os efeitos associativos. A amostra do alimento teste estará sempre em contato com a digesta no trato digestivo, onde encontra-se presente o alimento ou ração padrão e, ao mesmo tempo, estará contida dentro dos sacos de náilon.

Objetivou-se avaliar a precisão da técnica do saco de náilon móvel utilizando amostras de milho e farelo de soja moídas em diferentes granulometria em relação ao método de coleta total para determinar a digestibilidade dos nutrientes. Um segundo objetivo foi estimar o

desaparecimento de nutrientes dos sacos de náilon com as amostras de milho e farelo de soja com três graus de moagem, após a lavagem dos sacos em água.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Uma das formas de se avaliar os alimentos para eqüinos é medindo-se a digestibilidade aparente ou verdadeira em todo ou em partes do trato digestivo. Para se determinar a digestibilidade dos nutrientes nos alimentos existem várias técnicas como o método de coleta total, o uso de indicadores e, recentemente, o uso da técnica do saco de náilon móvel.

Segundo Olsson e Ruudvere (1955), uma série de fatores afeta a digestão nos eqüinos: individualidade do animal, composição química do alimento, capacidade de alimentação, tipo de trabalho, granulometria e conteúdo de água nos alimentos, velocidade de trânsito dos alimentos no trato digestivo e a quantidade de fibra presente na ração. Contudo, parece que o nível de consumo não afeta a digestibilidade de alimentos em eqüinos. Martin-Rosset et al. (1990) estudaram a influência do nível de consumo na digestibilidade dos nutrientes de uma ração contendo 85% de feno e 15% de concentrado em cavalos adultos de raças leves. Os autores encontraram que a alimentação dos cavalos ao nível de manutenção e 1,6 vez acima da manutenção não afetou os coeficientes de digestibilidade da MS, MO, PB, FB e EB. Entretanto, Pereira et al. (1989) observaram um aumento nos coeficientes de digestibilidade da MS, PB, EB com aumento do consumo voluntário de MS e com o aumento da proporção de concentrado na ração.

A determinação da digestibilidade aparente do concentrado obtida pela diferença da digestibilidade do volumoso, poderá incorrer em erros, devido ao

efeito associativo positivo ou negativo dos alimentos, que afeta principalmente o coeficiente de digestibilidade da proteína bruta da mistura (Schneider e Flatt, citados por Coelho Silva e Leão, 1979). Em bovinos, a digestibilidade dos componentes de uma ração mista poderá ter efeito associativo positivo com o consumo ao nível de manutenção, mas com um consumo elevado o efeito associativo poderá ser negativo (Merchen e Bourquin, 1994). Segundo Coelho Silva et al. (1979), estudos de digestibilidade aparente de alimentos concentrados, adicionados a rações cuja digestibilidade já é conhecida, poderão resultar em coeficientes de digestibilidade negativos ou superiores a 100%, valores considerados fisiologicamente impossíveis.

A técnica do saco de náilon móvel foi desenvolvida por Sauer, Jørgensen e Berzins (1983) para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes em suínos. Posteriormente foi adaptada para avaliar a digestibilidade pós-ruminal em bovinos (Boer, Murphy e Kennelly, 1986; Teixeira, Huber e Wanderley, 1989), e recentemente foi ajustada por Araújo et al. (1996a) para estimar a digestibilidade aparente total em eqüinos.

Em eqüinos, o uso desta técnica consiste na inserção de sacos de náilon de tamanho de 3,5cm x 6,5cm, contendo amostras de alimentos por meio de uma sonda nasogástrica e a recuperação deles nas fezes (Araújo et al., 1996a). Avaliando a digestibilidade de vários alimentos concentrados e volumosos através da técnica do saco de náilon móvel, Araújo et al. (1996b) obtiveram altas percentagens de recuperação dos sacos, variando de 78,7 a 92,5% e 75,0 a 90,0% para os alimentos concentrados e volumosos, respectivamente.

A moagem dos alimentos é um dos fatores que afetam os valores de digestibilidade obtidos pela técnica do saco de náilon móvel. Brand et al. (1989) estudaram em suínos três granulometrias do sorgo grão (800 micras, 1mm e 3mm), usando a técnica do saco de náilon móvel para suínos. Os resultados de energia digestível mostraram que a amostra moída a 3mm foi menor do que 800

micras e essa, por sua vez, foi maior que a 1mm. Portanto, a granulometria de 1mm foi a que melhor se correlacionou aos valores de energia digestível obtidos pelo método de coleta total. Sauer et al., citados por Arias (1992), também encontraram um aumento na digestibilidade da proteína do farelo de soja de 88,2 para 91,3%, quando o tamanho das partículas decresceu de 2 para 0,5mm, respectivamente, mas não houve alterações na digestibilidade, para a farinha de carne e ossos. Isso reforça que o efeito da moagem sobre a digestibilidade depende das características dos alimentos.

Para os trabalhos com sacos de náilon incubados no rúmen, Nocek (1988) recomenda que os concentrados protéicos e energéticos devam ser moídos a 2mm, enquanto que para sub-produtos fibrosos, fenos e silagens, a granulometria ideal deve ser de 5mm.

Dentre os fatores que contribuem para as perdas físicas dos sacos de náilon, a sua porosidade, granulometria das amostras e lavagem dos sacos parecem ser os mais importantes. Van Straalen, Odinga e Mostert (1997) avaliaram o efeito da lavagem de sacos de náilon sobre o desaparecimento da matéria seca e do nitrogênio de vários alimentos antes da incubação no rúmen. O desaparecimento da MS variou de 17% a 45% para a casca de soja e concentrado comercial, respectivamente, enquanto o do nitrogênio variou de 11% para farelo de soja a 78% para a silagem de milho. Para todos os alimentos, exceto para o farelo de soja, o desaparecimento do nitrogênio não protéico após a lavagem foi maior que o N dos aminoácidos. Vanhatalo e Ketoja (1995) também avaliaram a perda de MS e nitrogênio dos sacos de náilon com porosidades de 10 e 41 micras, tendo o farelo de soja apresentado perdas de MS de 31,9 e 37,5% após a lavagem para os sacos de 10 e 41 micras, respectivamente, enquanto que o desaparecimento do nitrogênio para os dois tipos de sacos foi de 10,7 e 19,2%, respectivamente. Os autores comentam que a diferença na perda de MS e nitrogênio entre os dois sacos poderá estar associada a perda de partículas do

saco. Segundo Lopez, France e Dhanoa (1994), a perda de partículas pode ser estimada por meio da diferença entre perda relacionada com a lavagem e solubilidade do alimento, ou seja, a perda de MS menos a perda de nitrogênio.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local

Os ensaios foram realizados na Sala de Metabolismo e no Laboratório de Nutrição Animal localizados no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras.

5.2 Ensaio

Foram realizados dois ensaios, objetivando-se comparar os valores de digestibilidade do milho e farelo de soja, respectivamente, por meio do método de coleta total e da técnica do saco de náilon móvel. Um terceiro ensaio foi realizado no laboratório com o objetivo de avaliar o desaparecimento dos nutrientes das amostras de milho e farelo de soja moídas em três diferentes granulometrias, após a lavagem dos sacos em água.

5.2.1 Tratamentos

Foram utilizados dois métodos para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes em equinos, os mesmos utilizados no capítulo 2 para determinar a digestibilidade do feno de coast-cross e do capim elefante. Esses métodos constituíram os tratamentos que foram aplicados ao mesmo tempo nos cavalos alojados nas gaiolas metabólicas.

A técnica do saco de náilon móvel foi constituída de três tratamentos, formados por três diferentes graus de moagem do milho e do farelo de soja em peneiras de 1, 2 e 3mm de diâmetro do furo.

No terceiro ensaio foram aplicados três tratamentos, constituídos por três graus de moagem das amostras de milho e farelo de soja.

5.2.2 Período experimental e animais utilizados

Os ensaios 1 e 2 foram realizados nos meses de julho de 1997 e janeiro de 1998, respectivamente, por um período de 20 dias divididos em uma fase de adaptação de 15 dias e uma fase experimental de 5 dias, quando se procedeu a coleta de fezes e urina.

Durante o primeiro ensaio, as temperaturas médias e erros padrão das mínimas tomadas às 7:30 horas e das máximas obtidas às 15 horas foram $13,0 \pm 0,42^{\circ}\text{C}$ e $26,3 \pm 0,56^{\circ}\text{C}$, respectivamente. As médias da umidade relativa com seus erros padrão obtidas às 7:30 e às 15 horas foram $76,2 \pm 8,79\%$ e $48,1 \pm 1,70\%$, respectivamente. No segundo ensaio, as temperaturas médias com seus erros padrão das mínimas tomadas às 7:30 horas e das máximas obtidas às 15 horas na sala de metabolismo foram $19,9 \pm 0,35^{\circ}\text{C}$ e $29,6 \pm 0,76^{\circ}\text{C}$, respectivamente, enquanto que as médias da umidade relativa com seus erros

padrão determinadas às 7:30 e às 15 horas foram $83,4 \pm 0,69\%$ e $60,1 \pm 2,42\%$, respectivamente.

Os cavalos utilizados no ensaio 1 foram os mesmos que participaram dos ensaios 1 e 2 do capítulo 2. O peso dos animais, em kg, antes do início do período de coleta era: cavalo A – 330; cavalo B – 354; cavalo D – 344; cavalo E – 315; e cavalo F – 313. No ensaio 2 também foram utilizados os mesmos cavalos que participaram dos ensaios anteriores, cujo peso em kg, antes do início do período de coleta foram: cavalo A – 327; cavalo B – 325; cavalo; cavalo D – 358; cavalo E – 348; e cavalo F – 321. O bloco C de ambos ensaios foi desconsiderado devido às perdas de dados ocorridas durante a condução dos ensaios, quando estes caíram na gaiola de metabolismo.

5.2.3 Manejo e alimentação dos animais

Durante a fase de adaptação dos ensaios, os cavalos foram alimentados à vontade. No primeiro ensaio a dieta foi composta por 60% de feno de coast-cross e 40% de milho na matéria natural, enquanto no segundo ensaio o farelo de soja substituiu equitativamente o milho. No período de coleta, a quantidade da dieta foi fixada em 80% do consumo voluntário determinado durante o período de adaptação, com o objetivo de evitar sobras.

O feno e milho fornecidos aos animais foram moídos em moinho de martelo com peneira de 1,1 e 0,31cm de diâmetro do furo, respectivamente. O farelo de soja foi fornecido da mesma forma com a retirada da embalagem.

A inserção dos sacos de náilon nos cavalos foi realizada por meio de sonda nasogástrica (Araújo et al., 1996a), iniciando-se no dia anterior ao primeiro dia de coleta de fezes. No primeiro ensaio, às 8 horas foram inseridos cinco sacos de náilon contendo milho moído a 1mm, cinco sacos de náilon contendo milho moído a 2mm e cinco sacos de náilon contendo milho moído a

3mm, por cavalo por dia, durante cinco dias consecutivos. No segundo ensaio foi inserida a mesma quantidade de sacos de náilon contendo o farelo de soja.

Os demais procedimentos foram conforme citado nos ensaios 1 e 2 do capítulo 2.

5.2.4 Preparo dos sacos de náilon

Foram utilizados sacos de náilon semelhantes aos confeccionados para os ensaios do capítulo 2, tendo sido colocados 1100mg de amostra de milho e farelo de soja dentro de cada um, mantendo-se dentro da relação de 10 a 20mg de matéria seca de amostra por cm^2 de superfície dos sacos, conforme recomendação de Nocek (1988).

As amostras de milho e farelo de soja foram moídas em moinho de martelo com peneiras de 1, 2 e 3mm de diâmetro de furo. Foi utilizado o peneiramento a seco nas amostras de milho e farelo de soja, para determinar a distribuição do tamanho das partículas nas peneiras e caracterizar o diâmetro geométrico médio das partículas, segundo ASAE (1988).

5.2.5 Coleta das amostras

Os procedimentos das coletas dos alimentos, das fezes, da urina e dos sacos de náilon estão descritos detalhadamente no capítulo 2.

5.2.6 Preparo das amostras e análises laboratoriais

O preparo das amostras de alimento, fezes, urina e dos sacos de náilon foi realizado conforme relatado no capítulo 2.

Os sacos de náilon recuperados por tratamento por cavalo durante os dias de coleta foram abertos e os resíduos formaram uma amostra composta, utilizada nas análises laboratoriais de proteína bruta (PB), energia bruta (EB), fibra em detergente neutro (FDN), segundo Silva (1981).

Nas amostras de fezes, feno de coast-cross, milho e farelo de soja foram realizadas análises de matéria seca (MS), PB, FDN, FDA e lignina, segundo Silva (1981). A composição química do feno, milho e farelo de soja encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1 - Composição química do feno de coast-cross, milho e farelo de soja fornecidos aos cavalos e usados na técnica do saco de náilon móvel.

Alimento	Composição química na matéria seca							
	MS (%)	MO (%)	PB (%)	EB (kcal/kg)	FDN (%)	FDA (%)	HEM (%)	LIG (%)
Feno de coast-cross ¹	88,47	96,05	6,41	4448	84,64	40,15	44,49	9,10
Milho ²	84,08	98,83	8,78	4923	20,68	5,28	15,40	3,36
Farelo de soja ³	89,36	93,62	50,19	4605	20,69	11,32	9,37	4,22

¹ Utilizado durante o primeiro e segundo ensaios

² Utilizado durante o primeiro e terceiro ensaios

³ Utilizado durante o segundo e terceiro ensaios

Para avaliar o desaparecimento dos nutrientes dos sacos de náilon contendo amostras de milho e farelo de soja foi utilizada apenas lavagem em água corrente fria por 15 minutos, por meio da máquina lavadora. Após, foram colocados na estufa de circulação forçada a 55°C por 24h, para serem, então, pesados novamente.

5.2.7 Cálculo dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes

Foram usadas as mesmas fórmulas do capítulo 2 para se calcular os coeficientes de digestibilidade aparente e o desaparecimento dos nutrientes. Os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes do milho e do farelo de soja para o método de coleta total foram determinados por diferença dos valores do feno de coast-cross, utilizando a fórmula de Matterson et al. (1965).

5.2.8 Delineamento experimental

No primeiro ensaio foi utilizado um delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições, objetivando comparar os valores de digestibilidade do milho, conforme o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + M_j + E_{(ij)},$$

sendo:

Y_{ij} – coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes do milho referentes, ao cavalo i e ao método j

μ - constante associada a todas as observações

B_i – efeito do cavalo i , sendo $i = 1, 2, 3, 4, 5$

M_j – efeito do método j , sendo $j = 1, 2, 3, 4$

$E_{(ij)}$ – erro aleatório associado a cada observação que, por hipótese, tem distribuição normal, média zero e variância σ^2

No segundo ensaio foram comparados os valores de digestibilidade do farelo de soja utilizando o mesmo modelo descrito.

Para analisar o desaparecimento de nutrientes após a lavagem dos sacos de náilon, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com três

tratamentos (graus de moagem) e nove repetições. A análise foi realizada separadamente para cada alimento. O modelo estatístico para descrever os valores de desaparecimento dos nutrientes dos alimentos testes foi:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + E_{(i)j},$$

sendo:

Y_{ij} – desaparecimento da MS e PB do alimento teste, referente a granulometria i e a repetição j

μ - constante associada a todas as observações

G_i – efeito da granulometria, sendo $i = 1, 2, 3$

$E_{(i)j}$ – erro aleatório associado a cada observação que, por hipótese, tem distribuição normal, média zero e variância σ^2

Os resultados foram analisados pelo pacote computacional SAEG (Sistema de Análise Estatística e Genéticas) desenvolvido por Euclides (1997). Foi utilizado um teste de média (*Student Newman Keuls*) para comparar os resultados obtidos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Consumo dos nutrientes

O peso corporal, consumo de matéria seca diário, consumo de proteína bruta diário, consumo de energia digestível diário e ingestão de água diária por kg de matéria seca para os seis cavalos alimentados com a dieta composta de

feno de coast-cross mais milho e da mistura de feno de coast-cross e farelo de soja estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

O consumo da dieta composta de feno de coast-cross e milho fixado em 80% do consumo voluntário atendeu às exigências de manutenção de MS, PB e ED de todos os cavalos, de acordo com os valores recomendados pelo NRC (1989). Martin-Rosset et al. (1990) não verificaram influência do consumo ao nível de manutenção e 1,6 vez acima da manutenção na digestibilidade da MS, MO, PB, FB e EB de uma ração contendo 85% de feno e 15% de concentrado em cavalos adultos de raças leves.

A ingestão de água para os cavalos alimentados com feno e milho variou de 1,90 a 3,83kg de água/kg de MS de alimento consumido, valores que encontram-se bastante próximos dos limites de 2 a 4 litros, citados por Cunha (1991). Em rações com alta digestibilidade, a ingestão de água reduz por kg de MS, resultando numa menor quantidade de água excretada nas fezes. Num estudo realizado com cavalos, o consumo de água foi de 2 litros/kg de MS consumida, quando a percentagem de grão na ração constituía 55% ou mais (Lewis, 1995).

Os resultados de consumo de MS, PB e ED da dieta composta de feno de coast-cross mais farelo de soja foram muito acima das exigências de manutenção dos cavalos. Mesmo com o consumo limitado da dieta em 80%, a ingestão de PB e ED foi, em média, 3,6 e 1,6 vez maior que a exigência estabelecida pelo NRC (1989). O excesso de consumo de PB juntamente com a temperatura média das máximas de 29,6°C provocaram um aumento do consumo de água/kg de MS de alimento, chegando a 5,70kg de água no cavalo F.

TABELA 2 – Peso corporal (PC), consumo de matéria seca diário por 100kg de peso corporal (CMS/100kg), consumo de proteína bruta diário por 100kg de peso corporal (CPB/100kg), consumo de energia digestível diário (CED/dia) e ingestão diária de água por kg de matéria seca (I água/MS) para os seis cavalos alimentados com feno de coast-cross e milho.

Parâmetros	Cavalos (Blocos)						
	A	B	C ²	D	E	F	Média
PC (kg)	330	354	-	344	315	313	331
CMS (kg/100kg) ¹	2,02	1,84	-	1,86	2,04	2,05	1,96
CPB (g/100kg)	147,2	133,6	-	135,7	148,2	149,1	142,8
CED (kcal/dia) ³	15931	15871	-	14951	15525	15281	15512
I água (kg/kg MS)	2,77	1,90	-	1,90	3,83	2,64	2,61

¹ Valor fixado em 80% do consumo voluntário determinado no pré-experimento

² Dados perdidos devido a queda do cavalo na gaiola de metabolismo

³ Valor calculado com base na energia digestível obtida no primeiro ensaio, através do método de coleta total

TABELA 3 – Peso corporal (PC), consumo de matéria seca diário por 100kg de peso corporal (CMS/100kg), consumo de proteína bruta diário por 100kg de peso corporal (CPB/100kg), consumo de energia digestível diário (CED/dia) e ingestão diária de água por kg de matéria seca (I água/MS) para os seis cavalos alimentados com feno de coast-cross e farelo de soja.

Parâmetros	Cavalos (Blocos)						
	A	B	C ²	D	E	F	Média
PC (kg)	327	325	-	358	348	321	336
CMS (kg/100kg) ¹	1,27	2,07	-	2,23	2,30	2,66	2,11
CPB (g/100kg)	309,9	492,7	-	534,9	550,3	631,8	503,9
CED (kcal/dia) ³	11089	17453	-	22081	21334	22948	18981
I água (kg/kg MS)	5,54	3,84	-	3,84	4,50	5,70	4,68

¹ Valor fixado em 80% do consumo voluntário determinado no pré-experimento

² Dados perdidos devido a queda do cavalo na gaiola de metabolismo

³ Valor calculado com base na energia digestível obtida no segundo ensaio, através do método de coleta total

Segundo Lewis (1995), a quantidade de água necessária varia primeiramente com a quantidade de água perdida do corpo, que é alterada pela quantidade, tipo e qualidade do alimento consumido, pela temperatura ambiente, umidade relativa do ar, doença, estado fisiológico e atividade física do cavalo. A ingestão excessiva de PB causa um aumento no consumo de água e, conseqüentemente, aumenta o volume de urina, visando excretar o excesso de nitrogênio (Lewis, 1995).

6.2 Tempo de passagem e recuperação dos sacos de náilon

O tempo de passagem médio e a percentagem de recuperação dos sacos de náilon contendo amostras de milho e farelo de soja moídas em diferentes granulometrias encontram-se nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

O tempo médio de passagem dos sacos de náilon no aparelho digestivo dos cavalos não foi afetado pelos graus de moagem do milho, mas houve uma variação de 42,71 a 49,37 horas para os graus de moagem 2 e 3 mm, respectivamente. Conforme relatado no capítulo 2, os sacos com tempo de passagem superior às 96 horas foram descartados, com o objetivo de evitar possíveis influências na digestibilidade dos nutrientes. Araújo et al. (1996b) encontraram um tempo médio de passagem de sacos de náilon pelo trato digestivo de éguas de 49,27 horas para amostras de milho moídas a 1mm.

Os sacos de náilon contendo amostras de farelo de soja com diferentes granulometrias também não influenciaram o tempo de passagem pelo aparelho digestivo dos eqüinos. Os resultados de tempo de passagem obtidos nessa pesquisa foram menores do que aqueles encontrados por Araújo et al. (1996b), que verificaram um tempo médio de 50,17 horas com amostra moída a 1mm.

O grau de moagem das amostras de milho e farelo de soja não afetaram a recuperação dos sacos de náilon. Os sacos contendo amostra de milho

apresentaram uma recuperação, até as 96 horas, menor do que aqueles obtidos no capítulo 3 e por Araújo et al. (1996b). Estes sacos apresentaram possivelmente algum problema de retenção até as 96 horas no aparelho digestivo, uma vez que a recuperação total foi acima de 80%.

A recuperação dos sacos de náilon com amostra de farelo de soja até as 96 horas foi acima de 89,0%, indicando que não houve retenção no aparelho digestivo, facilitando as análises químicas, devido a maior quantidade de resíduo.

De maneira geral, pode-se concluir que a recuperação dos sacos de náilon não foi limitante para as análises químicas e o tempo de passagem da maioria dos sacos de náilon está dentro do limite do tempo de passagem da digesta dos equinos, às 96 horas (Araújo et al. 1996a ; Vander Noot et al., 1967).

TABELA 4 - Tempo de passagem e percentagem de recuperação dos sacos de náilon para os três graus de moagem do milho.

Tratamento	Tempo de passagem	Percentagem de recuperação dos sacos	
	(horas)	Até 96h (%)	Total (%)
Moagem 1mm	46,97 a ²	72,67 a ²	83,33 a ²
Moagem 2mm	42,71 a	67,33 a	80,00 a
Moagem 3mm	49,37 a	70,67 a	82,67 a
CV ¹ (%)	25,55	10,69	9,13

¹ Coeficiente de variação

² Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 5 - Tempo de passagem e percentagem de recuperação dos sacos de náilon para os três graus de moagem do farelo de soja.

Tratamento	Tempo de passagem	Percentagem de recuperação dos sacos	
	(horas)	Até 96h (%)	Total (%)
Moagem 1mm	41,54 a ²	92,00 a ²	98,67 a ²
Moagem 2mm	43,98 a	90,00 a	96,67 a
Moagem 3mm	43,83 a	89,33 a	96,00 a
CV ¹ (%)	8,62	6,24	2,57

¹ Coeficiente de variação

² Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

6.3 Granulometria das amostras

Os resultados de percentagens de partículas retidas nas peneiras e diâmetro geométrico médio das partículas (DGP) dos três graus de moagem do milho e farelo de soja estão apresentados na Tabela 6.

A percentagem de distribuição de partículas nas diferentes peneiras das amostras de milho e farelo de soja confirmam os resultados da revisão realizada por Huntington e Givens (1995), que verificaram que a distribuição do tamanho das partículas após a moagem difere entre os alimentos, existindo, portanto, uma interação entre o grau de moagem e o tipo de alimento. Na técnica do peneiramento seco, utilizada nessa pesquisa para classificar as amostras de milho e farelo de soja, as partículas têm tendência a saltar em círculo na separação entre peneiras e a passar pelos poros da peneira abruptamente, o que pode provocar alterações na distribuição do tamanho (Uden e Van Soest, 1982).

TABELA 6 – Percentagem de partículas retidas nas peneiras e diâmetro geométrico médio das partículas (DGP) nos três graus de moagem do milho e farelo de soja.

Alimento/grau de moagem	Diâmetro do furo das peneiras (mm)							DGP ¹ (mm)
	1,50	1,00	0,50	0,25	0,125	0,074	Prato	
Milho a 1 mm	- ²	40,28	43,12	8,70	7,69	0,20	0,00 ³	0,685
Milho a 2 mm	-	45,25	35,96	9,70	8,69	0,40	0,00	0,680
Milho a 3 mm	23,39	33,67	22,58	9,48	10,08	0,81	0,00	0,813
F. soja a 1 mm	-	10,48	63,71	16,73	5,85	1,61	1,61	0,581
F. soja a 2 mm	-	11,29	65,93	14,72	5,24	1,41	1,41	0,599
F. soja a 3 mm	2,62	23,94	51,31	13,48	6,04	1,41	1,21	0,669

¹ Valores calculados segundo ASAE (1988)

² Não foi utilizada a peneira descrita

³ Não houve sobra de amostra na peneira para pesar

Estes resultados reforçam as afirmações de que o diâmetro dos furos das peneiras como parâmetro único é insuficiente para indicar com precisão a granulometria dos produtos moídos (Martin citado por Zanotto et al., 1995).

6.4 Desaparecimento dos nutrientes pela lavagem dos sacos de náilon em água

Os resultados de desaparecimento da MS e PB dos sacos de náilon contendo amostras de milho e farelo de soja encontram-se nas Tabelas 7 e 8.

A lavagem dos sacos de náilon em água contendo amostra de milho e farelo de soja com diferentes granulometrias afetou ($P < 0,05$) o desaparecimento dos nutrientes. As amostras de milho moídas a 1 e 2mm apresentaram os maiores desaparecimento de MS, enquanto o desaparecimento da PB foi semelhante entre os três graus de moagem. A lavagem em água normalmente tende a remover parte do nitrogênio e algum carboidrato não estrutural e de reserva presente nos alimentos (Van Straalen, Odinga e Mostert, 1997; Van

Soest, 1994). A perda física de pequenas partículas dos sacos de náilon pôde ser confirmada quando observamos os resultados de desaparecimento da MS, verificando-se que as granulometrias de 1 e 2mm apresentaram os maiores valores. Segundo Lopez, France e Dhanoa (1994), a perda de partículas dos sacos podem ser estimadas pela diferença entre o desaparecimento da MS e do material solúvel. Na presente pesquisa a diferença entre os valores de desaparecimento de PB menos o de MS foi negativo, indicando que nem todo material solúvel desaparece durante a lavagem. Vanhatalo e Ketoja (1995) também encontraram resultados negativos para silagens de gramíneas e farinha de carne e ossos.

O desaparecimento da MS do farelo de soja foi maior nas amostras moídas a 1 e 2mm, enquanto a perda de PB não diferiu entre os graus de moagem. Vanhatalo e Ketoja (1995) e Van Straalen, Odinga e Mostert (1997) encontraram valores de desaparecimento da MS de 37,5 e 31,0%, respectivamente, após a lavagem dos sacos em água, que foram ligeiramente superiores aos obtidos nesse trabalho. Van Straalen, Odinga e Mostert (1997) verificaram que a maior perda de nitrogênio do farelo de soja após a lavagem em água não foi de nitrogênio não protéico, como na maioria dos alimentos, e sim do nitrogênio dos aminoácidos. Através da diferença entre o desaparecimento de MS e do material solúvel pôde-se constatar a perda de pequenas partículas dos sacos de náilon.

TABELA 7 – Percentagem de desaparecimento de matéria seca (DMS) e proteína bruta (DPB) de amostras de milho nos três graus de moagem, após a lavagem dos sacos de náilon em água.

Tratamentos	Percentagem de desaparecimento dos nutrientes (%)	
	DMS	DPB
Saco náilon (1mm)	30,10 a ²	38,87 a ²
Saco náilon (2mm)	28,84 a	39,76 a
Saco náilon (3mm)	20,85 b	35,66 a
CV ¹ (%)	6,49	15,27

¹ Coeficiente de variação

² Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 8 – Percentagem de desaparecimento de matéria seca (DMS) e proteína bruta (DPB) de amostras de farelo de soja nos três graus de moagem, após a lavagem dos sacos de náilon em água.

Tratamentos	Percentagem de desaparecimento dos nutrientes (%)	
	DMS	DPB
Saco náilon (1mm)	27,72 a ²	5,38 a ²
Saco náilon (2mm)	27,59 a	5,36 a
Saco náilon (3mm)	26,11 b	3,96 a
CV ¹ (%)	4,96	50,55

¹ Coeficiente de variação;

² Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

6.5 Digestibilidade dos nutrientes

Os resultados de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, energia bruta e fibra em detergente neutro do milho e do farelo de soja obtidos por meio da técnica do saco de náilon móvel e do método de coleta total, encontram-se nas Tabelas 9 e 10.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, PB, EB e FDN obtidos pela técnica do saco de náilon foram superestimados em relação ao método de coleta total. A digestibilidade média da MS, PB, EB e FDN dos três graus de moagem foram superiores em 6,0, 11,7, 14,7 e 35,3%, respectivamente, aos valores determinados pelo método de coleta total. Estes resultados sugerem que, para o milho, a perda de pequenas partículas dos sacos de náilon foi bastante intensa, como já verificado durante a lavagem dos sacos em água. Araújo et al. (1996b) encontraram valores menores de digestibilidade de MS, PB, EB e FDN quando trabalharam com sacos de porosidade de 50 micras e amostras moídas à 1mm. Graham et al. (1985), trabalhando com suínos, também encontraram valores de digestibilidade da MO e PB de 11 alimentos superestimados pela técnica do saco de náilon móvel, devido à perda de partículas e solubilização de compostos nitrogenados, que não são digeridos *in vivo*. Segundo Hyslop, citado por Huntington e Givens (1995), a severidade dos programas de lavagem tem proporcionado perdas efetivas de matéria seca a partir dos sacos. Cherney, Patterson e Lemenager (1990) observaram que a lavagem de sacos em máquinas com água fria por cinco minutos resultaram em superestimação das perdas de matéria seca e verificaram que 2 minutos de lavagem na máquina foram mais apropriados que a lavagem manual.

TABELA 9 - Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB) e fibra em detergente neutro (CDAFDN) do milho usando a técnica do saco de náilon móvel e o método de coleta total.

Tratamentos	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)			
	CDAMS	CDAPB	CDAEB	CDAFDN
Saco náilon (1mm)	95,31 a ²	94,16 a ²	95,26 a ²	84,43 a ²
Saco náilon (2mm)	94,78 a	93,53 a	94,80 a	83,04 a
Saco náilon (3mm)	95,45 a	94,61 a	95,40 a	82,62 a
Coleta total	89,43 b	83,08 b	81,15 b	53,92 b
C V ¹ (%)	2,30	3,26	2,18	2,81

¹ Coeficiente de variação

² Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

Os valores de digestibilidade da MS, PB, EB e FDN obtidos pela técnica do saco de náilon móvel foram diferentes ($P < 0,05$) em relação àqueles determinados pelo método de coleta total. A digestibilidade aparente da MS, EB e FDN foram superestimados pela técnica do saco de náilon móvel, enquanto o coeficiente de digestibilidade da PB foi superestimado pelo método de coleta total. O resultado de digestibilidade da PB de 153,07% é fisiologicamente impossível, podendo ser atribuído a um efeito associativo positivo entre os alimentos ou também a um excesso de consumo de PB que, neste caso, chegou, em média, a 3,6 vezes a exigência. A perda média de nitrogênio nas fezes foi de 508,91mg/kg^{0,75} ou 5,69mg/g de MS consumida, cujos valores estão próximos dos estimados por Almeida et al. (1998) e Glade (1984), que encontraram 467,38 mg/kg^{0,75} ou de 3,7 a 5,6 mg/g de MS, respectivamente. Entretanto, a perda média de nitrogênio na urina foi 2640,00 mg/kg^{0,75}, resultado muito superior aos obtidos por Almeida et al. (1998) e Glade (1984), que estimaram uma perda de 339,22 e 126mg/kg^{0,75}, respectivamente. Isto demonstra que a proteína da dieta foi digerida e absorvida, porém não foi retida no organismo dos

cavalos, sendo eliminada na urina, justificando assim, o valor de digestibilidade da proteína acima de 100% para o farelo de soja. Segundo Coelho da Silva e Leão (1979), se a digestibilidade aparente do alimento adicionado for, por exemplo, 125%, é evidente que, pelo menos a parte que exceder a 100%, se deve a um aumento na digestibilidade da dieta básica e deve ser creditada a ela.

Os valores superestimados da digestibilidade da MS, EB e FDN pela técnica do saco de náilon móvel podem ser atribuídos às perdas física de pequenas partículas dos sacos de náilon, devido a uma lavagem excessiva ou a uma porosidade muito grande dos sacos. Sabe-se que apenas a lavagem dos sacos em água por 15 minutos proporcionou altos valores de desaparecimento da MS.

TABELA 10 - Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB) e fibra em detergente neutro (CDAFDN) do farelo de soja usando a técnica do saco de náilon móvel e o método de coleta total.

Tratamentos	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)			
	CDAMS	CDAPB	CDAEB	CDAFDN
Saco náilon (1mm)	97,17 a ²	99,04 a ²	97,51 a ²	88,40 a
Saco náilon (2mm)	97,44 a	98,99 a	97,88 a	89,09 a
Saco náilon (3mm)	97,15 a	98,90 a	97,44 a	88,52 a
Coleta total	79,64 b	153,07 ³	85,06 b	43,41 b
C V ¹ (%)	2,20	1,38	1,84	3,12

¹ Coeficiente de variação

² Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

³ Valor fisiologicamente impossível

7 CONCLUSÕES

As perdas de pequenas partículas dos sacos de náilon foram efetivas, sendo que nas amostras moídas a 1mm as perdas foram maiores.

A técnica do saco de náilon não se mostrou precisa para estimar a digestibilidade dos nutrientes do milho e farelo de soja, necessitando melhor ajuste.

A substituição de 40% do feno de coast-cross pelo farelo de soja para estimar a digestibilidade por diferença do farelo de soja, não foi adequada.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. Q. de; VALADARES FILHO, D de; CECON, P. R. et al. Compostos nitrogenados endógenos pré-cecal, pós-ileal, fecal e urinário em eqüinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.26, n.3, maio/jun. 1998.
- ARAÚJO, K. V.; LIMA, J. A de F.; TEIXEIRA, J. C. et al. Uso da técnica do saco de náilon móvel na determinação da digestibilidade aparente em eqüinos. **Revista da Soc. Bras. Zootecnia**. Viçosa, v.25, n.5, p.957-963.1996a
- ARAÚJO, K. V.; LIMA, J. A de F.; TEIXEIRA, J. C. et al. Determinação da digestibilidade aparente do nutriente de alguns concentrados e volumosos para eqüinos, pela técnica do saco de náilon móvel. **Revista da Soc. Bras. Zootecnia**. Viçosa, v.25, n.5, p.944-956.1996b.
- ARIAS, A. M. C. Avaliação da degradabilidade ruminal e da digestibilidade intestinal de vários alimentos, utilizando-se a técnica do saco de náilon móvel. Viçosa: UFV, 1992, 108p, (Tese-Mestrado em Zootecnia).

- ASAE, Method of determining and expressing particle size of chopped forage materials by screening. ASAE standard S424. P.374-376, 1988.
- BOER, G. de; MURPHY, J. J. e KENNELLY, J. J. Mobile nylon bag for estimating intestinal availability of rumen undegradable protein. *Journal Dairy Science*. Champaign, v.70, n.5, p.977-982, maio, 1986.
- BRAND, T. S.; BADENHORST, H. A.; SIEBRITS, F. K.; et al. Use of the mobile nylon bag technique to determine digestible energy in pig diets. *South African Journal of Animal Science*, Pretoria, v.19, n.4 p.165-170, mar.1989.
- CHERNEY, D. J. R.; PATTERSON, J. A.; LEMENAGER, R. P. Influence of *in situ* bag rising technique on determination of dry matter disappearance. *Journal of Dairy Science*. Champaign, v.73, p.391-397, 1990.
- COELHO DA SILVA, J. F. e LEÃO, M. I. **Fundamentos de Nutrição dos Ruminantes**. Piracicaba: Livrocere Ltda, 1979, 380p.
- CUNHA, T. J. **Horse Feeding and Nutrition**. Gainesville: Academic Press, 2ed. 1991, 445p.
- EUCLYDES, R.F. **Manual de utilização do Programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genética) UFV, Viçosa, 1997. 150p.(versão7.0).**
- GLADE, M. J. The influence of dietary fiber digestibility on the nitrogen requirements of mature horses *Journal of Animal Science*. Champaign, v.58, n.3, p.638-646.1984.
- GRAHAM, H.; AMAN, P.; NEWMAN, R. K. et al. Use of nylon-bag technique for pig feed digestibility studies. *British Journal of Nutrition*, Cambridge, v.54, n.3, p.1091-1095, nov.1985.
- HUNTINGTON, J. A. e GIVENS, D. I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. *Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)*. London, v.65, n2, p.63-93, fev, 1995.
- LEWIS, L. D. **Equine Clinical Nutrition: Feeding and Care**. London: Willians & Wilkins. 1995. 587p.



- LOPEZ, S.; FRANCE, J.; DHANOA, M. S. A correction for particulate matter loss when applying the polyester-bag method. **British Journal of Nutrition**. Cambridge, v.71, p.135-137, 1994.
- MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W. et al. The metabolizable energy of feeds ingredient for chickens. Storrs, Connecticut; **The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station**, 1965.11p. (research Report,7).
- MARTIN-ROSSET, W.; DOREU, M.; BOULOT, S. et al. Influence of level of feeding and physiological state on diet digestibility in light and heavy breed horses. **Livestock Production Science**. Amsterdam, v.25, p.257-264, 1990.
- MERCHEN, N. R. e BOURQUIN, L. D. Processes of digestion and factors influencing digestion of forage-based diets by ruminants. In: CONFERENCE ON FORAGE QUALITY, EVALUATION, AND UTILIZATION, Lincoln, 1994. **Anais...**, Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.564-612.
- NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.71, n.8, p.1052-1069, 1988.
- NRC – NATIONAL ACADEMY PRESS. **Nutrient Requirements of Horses**. 5 ed rev, Washington. D. C., 1989. 100p.
- OLSSON, N. e RUUDVERE, A. The nutrition of the horse. **Nutrition Abstracts and Reviews**, London, v.25, n.1, p.1-18, jan.1955.
- PEREIRA, J. C.; CARMO, M. B.; MOTTA, V. A. F. et al. Feno de aveia (*Avena brizantyna*, K. Koch) associado ao concentrado em diferentes proporções na alimentação de equinos. **Revista da Soc. Bras. Zootecnia**. Viçosa, v.18, n.5, p.359-366.1989.
- SAUER, W. C.; JORGENSEN, H.; BERZINS, R. A modified nylon bag technique for determining apparent digestibilities of protein in feedstuffs for pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.63, n.1, p.223-237, mar.1983.
- SILVA, D. J. da. **Análise de Alimentos (Métodos Químicos e Biológicos)**. Viçosa, UFV. 1981. 166p.

- TEIXEIRA, J. C.; HUBER, J. T. ; WANDERLEY, R. da C. Uso da técnica de saco de náilon móvel para estimar digestibilidade pós-ruminal em vacas leiteiras. *Revista da Soc. Bras. Zootecnia*, Viçosa, v.18, n.4, p.285-294. Dez, 1989.
- UDEN, P. e VAN SOEST, P. J. The determination of particle size in some herbivores. *Animal Feed Science Technol.*, v.7, p.35-44,1982.
- VANDER NOOT, G. W.; SYMONS, L. D.; LYDMAN; R. K. et al. Rate of passagem of various feedstuffs through the digestive tract of horses *Journal of Animal Science*. Champaign, v.26, n.6, p.1309-1311, nov. 1967.
- VAN SOEST, P. J. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Ithaca: Cornell University Press. 1994, 476p.
- VANHATALO, A e KETOJA, E. The role of the large intestine in post-ruminal digestion of feeds as measured by the mobile-bag method in cattle. *British Journal of Nutrition*, Cambridge, v.73, p.491-505, 1995.
- VAN STRAALLEN, W. M.; ODINGA, J. J.; MOSTERT, W. Digestion of feed amino acids in the rumen and small intestine of dairy cows measured with nylon-bag techniques. *British Journal of Nutrition*, Cambridge, v.77, p.83-97, 1997.
- ZANOTTO, D. L.; NICOLAIEWSKY, S.; FERREIRA, A. S. et al. Granulometria do milho na digestibilidade das dietas para suínos em crescimento e terminação. *Revista da Soc. Bras. Zootecnia*. Viçosa, v.24, n.3, p.428-436. maio/junho.1995.

CAPÍTULO 4: Comparação dos indicadores internos com o método de coleta total para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes de alimentos volumosos

1 RESUMO

Araújo, K. V. Comparação dos indicadores internos com o método de coleta total para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes de alimentos volumosos. Lavras: UFLA, 1999. 155p. (Tese de Doutorado em Nutrição Animal-Monogástricos)*

Foram conduzidos dois ensaios no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras - MG, objetivando avaliar a precisão dos indicadores internos em relação ao método de coleta total, para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes em eqüinos. Foram utilizados seis cavalos adultos sem raça definida e com idade média de sete anos. No primeiro ensaio foram comparados os valores de digestibilidade dos nutrientes do feno de coast-cross, através da cinza insolúvel em HCl (CIA), cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA) e lignina, com o método de coleta total. No segundo ensaio foi comparada a digestibilidade dos nutrientes da mistura de capim elefante e feno de coast-cross pelos dois métodos. Utilizou-se um delineamento em blocos casualizados, onde cada cavalo constituiu o bloco e os métodos de determinação da digestibilidade, os tratamentos. Em ambos os ensaios, os resultados demonstram que tanto a CIA, como a CIDA foram eficientes como indicadores internos para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes do feno de coast-cross e da mistura composta de feno de coast-cross e capim elefante. Nos cavalos alimentados com feno de coast-cross, a recuperação média nas fezes da CIA e CIDA foi de 100,12 e 99,66%, respectivamente. Para os cavalos que receberam feno e capim elefante a recuperação foi 101,32 e 96,33%, respectivamente. A lignina mostrou-se inadequada para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes dos volumosos testados.

* Comitê Orientador: José Augusto de Freitas Lima (Orientador), Antônio Gilberto Bertechini, Elias Tadeu Fialho, Joel Augusto Muniz e Júlio César Teixeira.

2 ABSTRACT

Araújo, K. V. Comparison of internal indicators with the total collection method to determinate the apparent digestibility of the nutrients of roughages. Lavras: UFLA, 1999. 155p. (Doctor's Thesis in Monogastric Animal Nutrition)*

Two experiments were carried out at the Department of Animal Science of the Universidade Federal de Lavras – MG, with objective to evaluate the precision of internal indicators relative to the total collection method to estimate the apparent digestibility of nutrients in equine. Six adult horses without a definite breed and with means of 7 years old were utilized. In the first experiment, the values of digestibility of the nutrients of coast-cross hay through HCl-insoluble ash (AIA), acid detergent insoluble ash (ADIA) and lignin with the total collection method were compared. In the second experiment, the digestibility of the nutrients of the mixture of elephant grass and coast-cross hay by the two methods was compared. It was utilized a randomized block design each horse made up the block and the treatments were formed by the methods of digestibility. In both experiments, the results showed that both AIA and ADIA were efficient as internal indicators to estimate the apparent digestibility of the nutrients of coast-cross hay and of the mixture of elephant grass and coast-cross hay. In horses fed coast-cross hay, the average recovery in the faces of AIA and ADIA was of 100.12 and 99.66%, respectively. The horses that were fed with hay and elephant grass the recovery was 101.32 and 96.33%, respectively. The lignin proved unsuitable to estimate the apparent digestibility of nutrients in the roughages tested.

* Guidance Committee: José Augusto de Freitas Lima (Adviser), Antônio Gilberto Bertechini, Elias Tadeu Fialho, Joel Augusto Muniz and Júlio César Teixeira.

3 INTRODUÇÃO

O conhecimento do valor nutritivo dos alimentos é indispensável na formulação de rações balanceadas e fundamental para os estudos de nutrição animal. A determinação da digestibilidade dos nutrientes de um alimento é uma das formas mais importantes de descrever o seu valor nutritivo. Ensaios de digestibilidade envolvendo a coleta total de fezes são trabalhosos, onerosos e requerem a contenção dos animais para o controle rigoroso da ingestão e excreção, o que torna a técnica muitas vezes impraticável. Isso tem levado os pesquisadores a buscarem métodos mais simples para a determinação da digestibilidade.

O uso dos indicadores para determinar a digestibilidade assume grande importância nos ensaios, em que não é possível realizar a coleta total de fezes, principalmente em condições de pastejo ou nas digestões parciais. Além disso, os indicadores apresentam outras aplicações em estudos nutricionais como: estimar a quantidade de alimento ou nutriente consumido, medir o tempo e taxa de passagem da digesta total ou em qualquer parte do trato digestivo e estimar a digestibilidade total ou parcial dos alimentos.

Objetivou-se nessa pesquisa, comparar os valores de digestibilidade dos nutrientes do feno de coast-cross e da dieta de feno de coast-cross e capim elefante obtidos indiretamente por meio da cinza insolúvel em HCl a 2N, cinza insolúvel em detergente ácido e lignina, com o método de coleta total.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

O método de coleta total, chamado de convencional ou padrão, consiste no controle total do alimento ingerido e na coleta total das excreções dos animais. O uso deste método teve início com os primeiros estudos sobre balanços nutricionais realizados por Boussingault, citado por Maynard e Loosli (1966).

Para realizar a coleta total de fezes nos estudos de digestibilidade, os pesquisadores desenvolveram as bolsas coletoras (Gorski et al., 1957; Vander Noot, Fonnebeck e Lydman, 1965) e posteriormente, as gaiolas metabólicas (Haenlein, Holdren e Yoon, 1966; Stillions e Nelson, 1968).

Vander Noot, Fonnebeck e Lydman (1965) afirmaram que as gaiolas metabólicas devem possibilitar a coleta, separadamente, de fezes e urina sem contaminação e favorecer a redução de volatilização do nitrogênio. Entretanto, em pesquisa conduzida com asininos em gaiolas metabólicas por Knapka et al. (1967), foram observadas mudanças no comportamento dos animais e alterações nos coeficientes de digestibilidade.

Para se estimar a digestibilidade dos nutrientes por meio de indicadores, pode-se optar por indicadores internos, que ocorrem naturalmente nos alimentos, ou por indicadores externos, que são adicionados à ração ou fornecidos diretamente ao animal. Na literatura consultada, são raras as pesquisas com o uso de indicadores internos para estimar a digestibilidade dos nutrientes em eqüinos. A lignina é um dos indicadores mais estudados, enquanto a cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA) e cinza insolúvel em HCl (CIA) apresentam alguns resultados promissores.

Os resultados insatisfatórios obtidos com o uso principalmente do óxido crômico, levaram ao início dos estudos da cinza insolúvel em ácido clorídrico (CIA) como indicador interno. A CIA foi utilizada para estimar a digestibilidade em rações para suínos (McCarthy, Aherne e Okai, 1974; McCarthy, Bowland, e Aherne, 1977; Yen et al., 1981), aves (Vogtmann, Pfirter, e Prabucki, 1975), eqüinos (Sutton, Bowland e McCarthy, 1977; Machado, 1992), bovinos (Thonney et al., 1979; Cortada e Velloso, 1987) e cabras (Carvalho, 1989), cujos resultados foram bastante precisos, quando comparados com o método de coleta total.

Em eqüinos, Sutton, Bowland e McCarthy (1977) não encontraram diferenças nos coeficientes de digestibilidade da energia bruta e nitrogênio estimados pela CIA HCl 4N e método de coleta total. Mais recentemente, Machado (1992) comparou a eficiência da CIA HCl 2N, cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA), para estimar a digestibilidade dos nutrientes em eqüinos alimentados com diferentes combinações de capim elefante e cana-de-açúcar, com o método de coleta total. O autor concluiu que tanto a CIA como CIDA mostraram-se eficientes para estimar a digestibilidade dos nutrientes em eqüinos, sendo os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes obtidos por meio dos indicadores semelhantes àqueles determinados pelo método de coleta total.

Thonney et al. (1984) verificaram que uma ração ou alimento que contém um teor de 0,75% de CIA ou mais na matéria seca pode ser usado com precisão para estimar a digestibilidade dos nutrientes em ruminantes.

A cinza residual da determinação da fibra em detergente ácido, conhecida como CIDA, pode ser usada como indicador interno. A CIDA tem sido empregada para estimar a digestibilidade dos nutrientes em cabras (Carvalho, 1989), em bovinos (Oliveira, 1990) e em eqüinos (Machado, 1992) com resultados satisfatórios.

Sherrod et al., citados por Carvalho (1989), trabalhando com nível de CIDA próximo ou maior que 3% na ração, não encontraram diferenças na determinação da digestibilidade da MS, MO, parede celular e conteúdo celular, quando a CIDA foi comparada ao método de coleta total. Porém, em rações cujo o nível de CIDA foi menor que 3%, os resultados de digestibilidade foram subestimados, devido à dificuldade de sua recuperação nas fezes.

A lignina é utilizada como indicador interno, mas devido à indefinição de sua composição química e conseqüente variação dos resultados de análises, tem apresentado estimativas variáveis dos coeficientes de digestibilidade. Fahey e Jung (1983) revisaram o uso da lignina como indicador, principalmente para animais ruminantes. A digestibilidade da lignina foi descrita em rações com 100% de forragem até 10% e 90% de concentrado, sendo que a maior parte da sua digestão aparente parece ocorrer no rúmen; mas modificações na estrutura também podem ocorrer no intestino delgado. Os autores concluíram que a lignina deverá ser usada como indicador, somente quando existirem evidências de que a sua recuperação fecal é alta

Vários são os fatores que afetam a recuperação da lignina. Muntifering (1982) citou as prováveis razões para sua ineficiência: diferenciação dos monômeros fenólicos da lignina original (digestão verdadeira); digestão aparente obtida pela formação de complexos solúveis lignina-carboidratos; destruição parcial da lignina fecal pelos reagentes usados nos métodos analíticos; e as diferenças físicas e/ou químicas entre os alimentos e as fezes na natureza do material definido como lignina.

Em eqüinos, Fannesbeck (1968) encontrou variações na digestibilidade da lignina de leguminosas de -15,60 a 4,80% e de gramíneas, de zero a 16,40%. Maurício (1993) comparou os valores de digestibilidade de uma ração composta de feno de coast-cross e concentrado estimados por meio da lignina e óxido crômico com o método de coleta total. Os resultados mostraram que a lignina e

óxido crômico subestimaram os coeficientes de digestibilidade da MS, PB, EB, FDN e FDA, devido as suas baixas recuperações. Resultado semelhante foi obtido por Machado (1992) com potros alimentados com diferentes combinações de cana-de-açúcar e capim elefante, em que a lignina apresentou uma recuperação média de 58,33%, permitindo concluir que for ineficiente para estimar a digestibilidade dos nutrientes em equinos.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os mesmos ensaios conduzidos no capítulo 1, com objetivo de comparar os valores de digestibilidade dos nutrientes do feno de coast-cross e da mistura de feno com capim elefante, por meio do método de coleta total e indicadores internos.

Os tratamentos foram constituídos de dois métodos para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes em equinos, que foram: o método de coleta total (padrão) e método indireto, utilizando três indicadores internos. O método de indicadores internos, no qual se determina a digestibilidade indiretamente, estimando-se a quantidade de fezes, foi constituído de três tratamentos, formados pelos indicadores: lignina, cinza insolúvel em ácido clorídrico a 2N (CIA) e cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA).

No primeiro ensaio foram comparados os valores de digestibilidade do feno de coast-cross obtidos pelos dois métodos, totalizando quatro tratamentos. No segundo ensaio, compararam-se os coeficientes de digestibilidade da mistura de 60% feno de coast-cross e 40% de capim elefante, também através dos dois métodos, totalizando quatro tratamentos.

O período experimental e manejo alimentar dos cavalos dos ensaios 1 e 2, encontram-se descritos no capítulo 2, onde também estão relatadas as coletas de amostras de alimentos, fezes e urina. Além das análises químicas realizadas no capítulo 2, foram acrescentadas as análises dos indicadores, a cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA), segundo Silva (1981), e cinza insolúvel em ácido clorídrico a 2N (CIA), segundo a metodologia de Van Keulen e Young (1977). A composição química dos alimentos utilizados nos ensaios 1 e 2 encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1 - Composição química do feno de coast-cross e do capim elefante fornecido aos cavalos.

Alimento	Composição química na matéria seca									
	MS	MO	PB	EB	FDN	FDA	HEM	LIG	CIA	CIDA
Feno de coast-cross ¹	88,47	96,05	6,41	4448	84,64	40,15	44,49	9,10	1,07	1,00
Capim elefante ²	40,26 ³	96,65	8,65	4095	80,79	53,66	27,13	11,06	1,74	1,38

¹ Utilizado no primeiro e segundo ensaio

² Utilizado no segundo ensaio

³ Pré-seco por um dia no campo

Foram calculados os coeficientes de digestibilidade aparente da MO, MS, PB, EB, FDN, FDA e hemicelulose. Para o método de coleta total, os cálculos dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes encontram-se no capítulo 2, enquanto que os cálculos dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes obtidos por meio da lignina, CIA e CIDA, foram realizados de acordo com as seguintes fórmulas:

$$\text{MSFest} = \frac{\text{INDcon}}{\text{Ifec}} \times 100$$

sendo:

MSFest – quantidade de matéria seca fecal estimada

INDcon – quantidade do indicador consumida em gramas

Ifec – percentagem do indicador nas fezes

$$\text{CDAMS (\%)} = \frac{(\text{MScon} - \text{MSfest})}{\text{MScon}} \times 100$$

sendo:

CDAMS – coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca

MScon – quantidade de MS consumida em gramas

$$\text{CDAN (\%)} = \frac{(\text{Ncon} - \text{Nfest})}{\text{Ncon}} \times 100$$

sendo:

CDAN – coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente

Ncon – quantidade do nutriente consumido em gramas

Nfest – quantidade do nutriente fecal estimado em gramas

A recuperação dos indicadores internos foi determinada pela fórmula:

$$\text{Recuperação do indicador} = \frac{\text{Indicador nas fezes (g)}}{\text{Indicador consumido (g)}} \times 100$$

Na análise estatística foram comparados os valores de digestibilidade obtidos pelo método de coleta total com os valores estimados por meio da lignina, CIA e CIDA. Para comparar os valores de digestibilidade do feno de coast-cross foi utilizado um delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos (coleta total e indicadores internos) e seis repetições (o cavalo). O modelo utilizado foi o seguinte:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + M_j + E_{(ij)},$$

sendo:

Y_{ij} – coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes do feno de coast-cross referente, ao cavalo i e ao método j

μ - constante associada a todas as observações

B_i – efeito do cavalo i , sendo $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

M_j – efeito do método j , sendo $j = 1, 2, 3, 4$

$E_{(ij)}$ – erro aleatório associado a cada observação que, por hipótese, tem distribuição normal, média zero e variância σ^2

No ensaio 2 foi utilizado o mesmo modelo porém, foram comparados os valores de digestibilidade da dieta, composta de 60% de feno de coast-cross e 40% de capim elefante. Os resultados foram analisados pelo pacote computacional SAEG (Sistema de Análise Estatística e Genética) desenvolvido por Euclides (1997). Foi utilizado um teste de média (*Student Newman Keuls*) para comparar os resultados de digestibilidade estimados pelos métodos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Consumo dos nutrientes

Os resultados de peso corporal dos cavalos, consumo de matéria seca, consumo de proteína bruta, consumo de energia digestível e ingestão de água por kg de matéria seca do feno de coast-cross e da mistura de feno de coast-cross mais capim elefante, estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

O consumo limitado do feno de coast-cross foi adequado para atender às exigências diárias de manutenção de MS, PB e ED dos cavalos, segundo o NRC (1989). Apenas, o cavalo D apresentou um consumo de PB abaixo da exigência. O nível de consumo parece não afetar a digestibilidade dos nutrientes em eqüinos. Segundo Todd et al. (1995), em cavalos adultos alimentados com feno de alfafa na forma de cubos ao nível de manutenção e 1,4 vez acima da manutenção, a digestibilidade da MS, EB, PB e o tempo de trânsito da digesta não foram afetados. Nesta pesquisa foram realizados quatro fornecimentos de alimentações diárias, com o objetivo de evitar perdas devido à pequena capacidade do cochos das gaiolas metabólicas. De acordo com Butler e Hintz, citados por Cunha (1991), o fornecimento de 1, 2 e 6 alimentações diárias a pôneis na forma de pelete não afetaram os coeficientes de digestibilidade da MS, PB, FDN e FDA.

A ingestão de água por kg de MS de feno de coast-cross para todos os cavalos está dentro dos limites encontrados na literatura, que sugerem um consumo de 2 a 4 litros por kg de MS consumida (Cunha, 1991).

As exigências de manutenção de MS e PB dos cavalos, exceto do cavalo E, foram atendidas pela dieta composta de 60% de feno de coast-cross e 40% de

capim elefante, mesmo com consumo limitado em 80% do consumo voluntário. Os consumos de ED dos cavalos não foram adequados para atender a exigência de manutenção dos animais, ficando, em média, 18% abaixo do valor ideal (NRC, 1989). A ingestão de água por kg de MS da dieta composta obtida nesse ensaio ficou dentro dos limites de 2 a 4 litros por kg de MS, citados pelo NRC (1989) e por Cunha (1991).

Em ambos os ensaios, a fixação do consumo dos alimentos em 80% do consumo voluntário foi adequada para evitar as sobras e a seleção dos alimentos.

TABELA 2 – Peso corporal (PC), consumo de matéria seca diário por 100kg de peso corporal (CMS/100kg), consumo de proteína bruta diário por 100kg de peso corporal (CPB/100kg), consumo de energia digestível diário (CED/dia) e ingestão diária de água por kg de matéria seca (I água/MS) para os seis cavalos alimentados com feno de coast-cross.

Parâmetros	Cavalos (Blocos)						Média
	A	B	C	D	E	F	
PC (kg)	342	380	326	319	305	331	334
CMS (kg/100kg) ¹	2,16	2,62	2,35	1,74	2,25	2,24	2,23
CPB (g/100kg)	131,1	158,6	142,4	105,5	136,5	135,5	134,9
CED (kcal/dia) ²	15595	17681	14223	11046	12833	13284	14110
I água (kg/kg MS)	2,38	3,07	2,69	3,93	3,16	2,88	3,02

¹ Valor fixado em 80% do consumo voluntário determinado no pré-experimento

² Valor calculado utilizando a energia digestível obtida no primeiro ensaio, através do método de coleta total

TABELA 3 – Peso corporal (PC), consumo de matéria seca diário por 100kg de peso corporal (CMS/100kg), consumo de proteína bruta diário por 100kg de peso corporal (CPB/100kg), consumo de energia digestível diário (CED/dia) e ingestão diária de água por kg de matéria seca (I água/MS) para os seis cavalos alimentados com feno de coast-cross e capim elefante.

Parâmetros	Cavalos (Blocos)						
	A	B	C	D	E	F	Média
PC (kg)	374	378	352	356	341	332	355
CMS (kg/100kg) ¹	1,76	1,90	2,19	2,01	1,39	1,98	1,87
CPB (g/100kg)	125,5	135,6	155,9	144,0	99,5	141,3	133,6
CED (kcal/dia) ²	10259	10920	11653	10571	7221	10211	10139
I água (kg/kg MS)	2,71	3,14	2,95	4,31	2,61	3,22	3,16

¹ Valor fixado em 80% do consumo voluntário determinado no pré-experimento

² Valor calculado utilizando a energia digestível obtida no segundo ensaio, através do método de coleta total

6.2 Digestibilidade dos nutrientes e recuperação dos indicadores

Os resultados de digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, energia bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemicelulose do feno de coast-cross usando os dois métodos de digestibilidade, encontram-se na Tabela 4. As percentagens de recuperação dos indicadores estão apresentadas na Tabela 5.

Foram verificadas diferenças ($P < 0,05$) entre os métodos usados para estimar a digestibilidade dos nutrientes do feno de coast-cross. Os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes determinados por meio da lignina foram subestimados em relação aos demais indicadores e ao método de coleta total. A cinza insolúvel em HCl a 2N (CIA) e cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA) proporcionaram valores de digestibilidade dos nutrientes semelhantes ao método de coleta total.

A baixa recuperação da lignina observada é um fator limitante para seu uso como indicador. A sua recuperação incompleta tem sido verificada em ruminantes por vários autores (Kotb e Luckey, 1972; Fahey e Jung, 1983; Carvalho, 1989 e Oliveira, 1991) e em eqüinos foi observada por Fannesbeck (1968), Machado (1992) e Maurício (1993).

Segundo Muntifering (1982), vários são os fatores que afetam a recuperação da lignina. Entre eles, a digestão aparente e falta de uma estrutura química definida são as mais citadas na literatura. Van Soest (1994) verificou uma digestibilidade de 20 a 40% em gramíneas imaturas e forragens com baixo conteúdo de lignina. De acordo com o mesmo autor, a lignina deverá ser usada como indicador em rações que contenham alto conteúdo de lignina, acima de 5% na matéria seca. Nessa pesquisa, o teor de lignina foi maior que 5% na MS, mas mesmo assim, a sua recuperação foi baixa, 81,36%.

A digestibilidade aparente da lignina tem sido atribuída à baixa precisão dos métodos usados para quantificá-la, os quais são considerados empíricos e diferem entre si para estimar o conteúdo de lignina nos alimentos (Fahey e Jung, 1983). Na análise de sua presença por meio do ácido sulfúrico a 72%, a cutina e produtos de Maillard são mensurados como se fossem ela, sendo que alguma lignina verdadeira poderá ser destruída. Enquanto, na análise em permanganato poderá estar incluídos certos taninos, pigmentos ou proteínas que resistem a solubilização em detergente ácido, mas são oxidados pelo permanganato (Fahey e Jung, 1983). Segundo Muntifering (1982), a análise por espectrofotometria de compostos fenólicos, como a lignina solúvel em acetil bromido, pode possuir sensibilidade necessária para detectar componentes solúveis da lignina, que normalmente não são mensurados ou podem ser destruídos na análise quando utilizam-se os métodos gravimétricos, como nesta pesquisa.

As altas recuperações da CIA e CIDA para os cavalos alimentados com feno de coast-cross proporcionaram estimativas precisas de digestibilidade dos

nutrientes em relação ao método de coleta total. O uso satisfatório da CIA como indicador também foi verificado em experimento de diferentes espécies animais como suínos (MacCarthy, Aherne e Okai, 1974; McCarthy, Bowland, e Aherne, 1977; Yen et al., 1983), aves (Vogtammann, Pfirter e Prabucki, 1975), bovinos (Thonney et al., 1979; Cortada e Velloso, 1987) e cabras (Carvalho, 1989). A CIDA também tem apresentado resultados precisos para estimar a digestibilidade dos nutrientes em cabras (Carvalho, 1989) e bovinos (Oliveira, 1990). Em eqüinos, o uso da CIA (Sutton, Bowland e McCarthy, 1977 e Machado, 1992) e CIDA (Machado, 1992) foi eficiente para estimar a digestibilidade dos nutrientes.

Para que a CIA possa ser usada com precisão para estimar a digestibilidade dos nutrientes em ruminantes, Thonney et al. (1985) recomendam que a ração ou alimento deva conter um teor de 0,75% de CIA ou mais na matéria seca, enquanto que para a CIDA a percentagem adequada deverá ser próxima ou maior que 3% na ração, para evitar dificuldades na recuperação (Sherrod et al., citados por Carvalho, 1989). Nesta pesquisa, os valores de CIA e CIDA presentes no feno de coast-cross foram de 1,07 e 1,0% da MS, respectivamente, mostrando que para a CIA o valor analisado foi superior ao preconizado, enquanto que para a CIDA, o valor foi abaixo do ideal, mas mesmo assim pode ser considerado um bom estimador de digestibilidade.

TABELA 4 - Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA) e hemicelulose (CDAHE) do feno de coast-cross usando indicadores internos e o método de coleta total .

Tratamentos	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)						
	CDAMS	CDAMO	CDAPB	CDAEB	CDAFDN	CDAFDA	CDAHE
Lignina ³	29,65 b ²	30,14 b ²	26,10 b ²	28,81 b ²	32,36 b ²	18,88 b ²	44,50 b ²
CIA ³	43,05 a	43,45 a	40,14 a	42,36 a	45,27 a	34,30 a	55,16 a
CIDA ³	42,74 a	43,14 a	39,85 a	42,05 a	44,94 a	33,95 a	54,84 a
Coleta total ³	43,01 a	43,41 a	40,13 a	42,33 a	45,22 a	34,25 a	55,09 a
C V ¹ (%)	7,17	7,03	8,10	7,42	6,58	10,39	4,61

¹ Coeficiente de variação

² Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

³ Proveniente de 6 cavalos

TABELA 5 - Percentagem média de recuperação da lignina, da cinza insolúvel em HCl (CIA) e cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA) para os cavalos alimentados com feno de coast-cross e respectivos erros-padrão.

Indicadores	Percentagem média de recuperação (%)
Lignina	81,36 ± 2,03
CIA	100,12 ± 1,51
CIDA	99,66 ± 1,24

Os valores de digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, energia bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemicelulose da dieta composta de feno de coast-cross e capim elefante,

usando os dois métodos de digestibilidade, encontram-se na Tabela 6. As percentagens de recuperação dos indicadores estão apresentadas na Tabela 7.

A digestibilidade dos nutrientes da mistura de feno de coast-cross e capim elefante estimadas através dos indicadores diferiram ($P < 0,05$) daqueles determinados pelo método de coleta total. Os coeficientes de digestibilidade determinados por meio da lignina foram subestimados em relação aos demais indicadores e ao método de coleta total. A baixa recuperação da lignina nas fezes (89,46%) foi o fator limitante para que os valores de digestibilidade fossem subestimados. Resultados de baixa recuperação da lignina também foram obtidos por Machado (1992) com potros alimentados com diferentes combinações de cana-de-açúcar e capim elefante, em que a lignina apresentou uma recuperação média de 58,33%. Fannesbeck (1968) e Maurício (1993) obtiveram resultados insatisfatórios do uso da lignina como indicador para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes em eqüinos.

Os valores de digestibilidade estimados pela CIA e CIDA não diferiram dos obtidos pelo método de coleta total de fezes, exceto quando a PB foi determinada pela CIDA. A alta recuperação da CIA (101,32%) e CIDA (96,33%) justificaram a sua precisão para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes em eqüinos. Machado (1992) também verificou altas percentagens de recuperação nas fezes da CIA (101,06%) e CIDA (98,21%) com cavalos alimentados com uma dieta contendo capim elefante e cana-de-açúcar.

TABELA 6 - Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA) e hemicelulose (CDAHE) do feno de coast-cross mais o capim elefante, usando indicadores internos e o método de coleta total.

Tratamentos	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)						
	CDAMS	CDAMO	CDAPB	CDAEB	CDAFDN	CDAFDA	CDAHE
Lignina	30,53 c	30,58 c	51,58 c	28,78 c	31,82 c	14,35 c	52,03 c
CIA	38,72 a	38,77 a	57,28 a	37,15 a	39,85 a	24,44 a	57,67 a
CIDA	35,43 b	35,48 b	54,99 b	33,76 b	36,61 b	20,39 b	55,37 b
Coleta total	37,93 ab	37,98 ab	57,10 a	36,35 ab	39,05 ab	23,47 ab	57,08 ab
C V ¹ (%)	5,92	5,90	2,75	6,28	5,57	12,55	2,57

¹ Coeficiente de variação

² Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 7 - Percentagem média de recuperação da lignina, cinza insolúvel em HCl (CIA) e cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA) para os cavalos alimentados com capim elefante mais o feno de coast-cross e respectivos erros padrão.

Indicadores	Percentagem média de recuperação (%)
Lignina	89,46 ± 1,41
CIA	101,32 ± 1,20
CIDA	96,33 ± 2,28

7 CONCLUSÕES

A CIA e CIDA foram eficientes como indicadores para estimar a digestibilidade aparente do feno de coast-cross e da dieta composta de feno de coast-cross e capim elefante.

A lignina mostrou-se inadequada como indicador interno para estimar a digestibilidade aparente do feno de coast-cross e da mistura de feno de coast-cross e capim elefante.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, F. F. R. de. **Efeitos de diferentes níveis de proteína bruta para cabras em lactação e uso de indicadores internos para estimar a digestibilidade dos nutrientes.** Viçosa: UFV, 1989, 72p. (Tese-Mestrado em Zootecnia).
- CORTADA, C. N. M. e VELLOSO, L. **Uso da cinza insolúvel em ácido com indicador natural para a determinação da digestibilidade em bovinos.** *Revista da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo.* São Paulo, v.24, n.1 p.65-70. 1987.
- CUNHA, T. J. **Horse Feeding and Nutrition.** Gainesville: Academic Press, 2ed. 1991, 445p.
- EUCLYDES, R. F. **Manual de utilização do Programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas)** UFV, Viçosa, 1997. 150p.(versão7.0).
- FAHEY, G. C. e JUNG, H. G. **Lignin as a marker in digestion studies: a review.** *Journal of Animal Science.* Champaign, v.57, n.1, p.220-225, 1983.

- FONNESBECK, P. V. Digestion of soluble and fibrous carbohydrate of forrage by horse **Journal of Animal Science**. Champaign, v.7, n.6, p.1336-1344, 1968.
- GORSKI, J. et al. An urine and feces collection apparatus for heifers and cows. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.16, n.1, p.100-109.1957.
- HAENLEIN, G. F. W.; HOLDREN, R. D.; YOON. Y. M. Comparative response of horse and sheep to different physical forms of alfalfa hay. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.25, n.4, p.740-743, 1966.
- KNAPKA, J. J.; BARTH, K. M.; BROWN, D. G. et al. Evaluation of polyethylene, chromic oxide, and cerium-144 as digestibility indicators in burros. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.92, n.1, p.79-85, maio.1967.
- KOTB, A R. e LUCKEY, T. D. Markers in nutrition. **Abstracts & Reviews**. V.42, n.3, p.814-845, jul. 1972.
- MACHADO, H. de M. Efeitos de diferentes combinações de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum): cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) sobre a digestibilidade em eqüinos, utilizando diferentes metodologias de determinação. Viçosa: UFV, 1992, 71p. (Tese-Mestrado em Zootecnia).
- MAURÍCIO, R. M. Determinação da digestibilidade aparente em eqüideos através do óxido crômico, da lignina e da coleta total das fezes. Belo Horizonte: UFMG-EV, 1993, 62p. (Tese-mestrado em Zootecnia).
- MAYNARD, L. A. e LOOSLI, J. K. **Nutrição Animal**. Rio de Janeiro Usaid, 1966, 550p.
- McCARTHY, J. F.; AHERNE, F. X.; OKAI, D. B. Use of HCl insoluble ash as index material for determining apparent digestibility with pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.54, p.107-109, mar.1974 (note).
- McCARTHY, J. F.; BOWLAND, J. P.; AHERNE, F. X. Influence of method upon the determination of apparent digestibility in the pig. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.57, p.131-135, mar.1977.

- MUNTIFERING, R. B. Evaluation of various lignin assays for determining ruminal digestion of roughages by lambs. **Journal of Animal Science**. Champaign v.55, n.2, p.432-438, 1982.
- NRC – NATIONAL ACADEMY PRESS. **Nutrient Requeriments of Horses**. 5 ed rev, Washington. D. C., 1989. 100p.
- OLIVEIRA, R. F. M. de. **Estimativa da digestibilidade através de indicadores e coleta total de fezes, consumo alimentar e biometria do trato gastrintestinal, em bovinos de 3 grupos genéticos**. Viçosa: UFV, 1990, 77p. (Tese-Mestrado em Zootecnia).
- SILVA, D. J. da. **Análise de Alimentos (Métodos Químicos e Biológicos)**. Viçosa, UFV. 1981. 166p.
- STILLIONS, M. C. e NELSON, N. E. Metabolism stall for male equine. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.27, n.1, p68-72. jan.1968.
- SUTTON, E. I.; BOWLAND, J. P.; McCARTHY, J. F. Sudies with horses comparing 4N-HCl insoluble ash as index material with total fecal collection in the determination of apparent digestibilities. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.57, p.543-549, set.1977.
- THONNEY, M. L.; DUHAIME, D. J.; MOE, P. W. et al. Acid insoluble and permanganate lignin as indicators to determine digestibility of cattle rations. **Journal of Animal Science**. Champaign v.49, n.4, p.1112-1116, 1979.
- THONNEY, M. L.; PALHOF, B. A; De CARLO, M. R. et al. Sources of variation of dry matter digestibility measured by the acid insoluble ash marker. **Journal of Dairy Science**. Champaign v.68, n.3, p.661-668, 1984.
- TODD, K. L.; SAUER, W. C.; CHRISTOPHERSON, R. J. et al. The effect of level of feed intake on nutrient and energy digestibility and rate of feed passage in horses. **Journal Animal Physiol. and Animal Nutrition**. Berlin v.73, p.140-148, 1995.
- VANDER NOOT, G. W.; FONNESBECK, P. V.; LYDMAN; R. K. Equine metabolism stall and collection harness. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.24, n.3, p.691-698.aug.1965.

- VAN KEULEN e YOUNG, B. A. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.44, n.2, p.282-287,1977.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Ithaca: Cornell University Press. 1994, 476p.
- VOGTMANN, H.; PFIRTER, H. P. e PRABUCKI, A L. New method of determining metabolisability of energy and digestibility of fatty acids in broiler diets. **British Poultry Science**. London, v.16, p.531-534, 1975.
- YEN, J. T.; TESS, M. W.; POND, W. G. et al. Digestibility and metabolism of dietary nitrogen and energy in contemporary, genetically lean and obese pigs as estimated by total fecal collection and acid insoluble ash. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.56, n.2, p.426-430, 1983.

CAPÍTULO 5: Comparação dos indicadores internos com o método de coleta total para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas mistas

1 RESUMO

Araújo, K. V. Comparação dos indicadores internos com o método de coleta total para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas mistas. Lavras: UFLA, 1999. 155p. (Tese de Doutorado em Nutrição Animal-Monogástricos)*

Foram conduzidos dois ensaios no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras - MG, objetivando avaliar a precisão dos indicadores internos em relação ao método de coleta total, para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes em eqüinos. Foram utilizados seis cavalos adultos sem raça definida e com idade média de sete anos. No primeiro ensaio foram comparados os valores de digestibilidade dos nutrientes da dieta composta de feno de coast-cross e milho, através da cinza insolúvel em HCl (CIA), cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA) e lignina, com método de coleta total. No segundo ensaio foi comparada a digestibilidade dos nutrientes da mistura de feno de coast-cross e farelo de soja pelos dois métodos. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em blocos casualizados, em que cada cavalo constituiu o bloco e os métodos de determinação da digestibilidade, os tratamentos. Em ambos os ensaios, os resultados mostraram que tanto a CIA como a CIDA foram eficientes como indicadores internos para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes das rações mistas. A dieta contendo feno e milho apresentou uma recuperação média nas fezes, de CIA e CIDA, de 96,30 e 99,71%, respectivamente. Na dieta composta de feno e farelo de soja a recuperação da CIA e CIDA foi de 93,74 e 97,68%, respectivamente. A lignina mostrou-se inadequada para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes das rações testadas, devido a sua baixa recuperação nas fezes.

* Comitê Orientador: José Augusto de Freitas Lima (Orientador), Antônio Gilberto Bertechini, Elias Tadeu Fialho, Joel Augusto Muniz e Júlio César Teixeira.

2 ABSTRACT

Araújo, K. V. Comparison of internal indicators with the total collection method to determinate the apparent digestibility of the nutrients in mixed diets. Lavras: UFLA, 1999. 155p. (Doctor's Thesis in Monogastric Animal Nutrition)*

Two experiments were carried out at the Department of Animal Science of the Universidade Federal de Lavras – MG, with a objective to evaluate the precision of internal indicators relative to the total collecting method to estimate the apparent digestibility of nutrients in equine. Six adult horses without a definite breed and with means of 7 years old were utilized. In the first experiment, the values of digestibility of the nutrients of the composed of coat-cross hay and corn through HCl-insoluble ash (AIA), acid detergent insoluble ash (ADIA) and lignin were compared with the total collection method. In the second experiment, the digestibility of the nutrients of the mixture of coast-cross hay and soybean meal by both methods were compared. It was utilized a randomized block design each horse made up the block and the treatments were formed by the methods of digestibility. In both experiments, the results showed that both AIA and ADIA were efficient as internal indicators to estimate the apparent digestibility of the nutrients in the mixed diets. The diet containing hay and corn presented an average recovery in the faces of AIA and ADIA of 196.30 and 99.71%, respectively. In the diet composed of hay and soybean meal, recovery of 93.74 and 97.68%, respectively. The lignin proved unsuitable to estimate the apparent digestibility of nutrients of the diets tested due to its poor recovery in the faces.

* Guidance Committe: José Augusto de Freitas Lima (Adviser), Antônio Gilberto Bertechini, Elias Tadeu Fialho, Joel Augusto Muniz and Júlio César Teixeira.

3 INTRODUÇÃO

A importância do conhecimento do valor nutritivo dos alimentos, assim como da utilização dos nutrientes na obtenção do máximo potencial produtivo e reprodutivo do animal é inquestionável. A análise química ou bromatológica dos alimentos é, sem dúvida, o primeiro passo para a avaliação das dietas. Todavia, faz-se necessário o conhecimento da quantidade dos nutrientes presentes na ração que será utilizada pelo animal, informação que é obtida medindo-se a digestibilidade dos nutrientes. Existem vários métodos para estimar a digestibilidade dos nutrientes em equinos, no entanto, o método de coleta total tem sido o mais usado. Este método necessita de um controle rigoroso da ingestão de alimento e das excreções, equipamentos de alto custo, além de se limitar a um pequeno número de animais.

Os indicadores internos, que estão presentes naturalmente nos alimentos, podem ser utilizados para estimar a digestibilidade dos nutrientes em equinos sem a necessidade de mensurar quantitativamente o consumo de alimento e produção de fezes. Porém, os indicadores internos não têm sido muito utilizados para estimar a digestibilidade de dietas compostas de volumoso e concentrado.

Objetivou-se, nessa pesquisa, comparar os valores de digestibilidade dos nutrientes obtidos pela lignina, cinza insolúvel em HCl a 2N e cinza insolúvel em detergente ácido, com o do método de coleta total. Os valores de digestibilidade foram determinados utilizando-se duas dietas, uma contendo feno de coast-cross mais milho e a outra composta de feno de coast-cross mais farelo de soja.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Para se medir a quantidade do nutriente presente no alimento que está sendo aproveitada pelo animal, usa-se a digestibilidade aparente total ou parcial ou digestibilidade verdadeira total ou parcial. Na determinação da digestibilidade verdadeira são consideradas as perdas endógenas no trato digestivo, portanto, ela é considerada mais precisa para avaliar os alimentos, principalmente a proteína, em relação à digestibilidade aparente

Segundo Olsson e Ruudvere (1955), vários fatores afetam a digestão nos eqüinos: individualidade do animal, composição química do alimento, capacidade de alimentação, tipo de trabalho, a granulometria, conteúdo de água nos alimentos, velocidade de trânsito dos alimentos no trato digestivo e a quantidade de fibra presente na ração.

O método de coleta total de fezes em eqüinos através bolsas coletoras implica no uso de arreios apropriados, havendo a necessidade de troca das bolsas de 4 a 5 vezes por dia e impossibilitando que os animais sejam exercitados (Parkins, Snowd e Adams, 1982). Entretanto, o uso de gaiolas metabólicas possibilita a coleta, separadamente, de fezes e urina sem contaminação e favorece a redução de volatilização do nitrogênio (Vander Noot, Fonnesebeck e Lydman, 1965). Em pesquisa conduzida com asininos em gaiolas metabólicas por Knapka et al. (1967), foram observadas mudanças no comportamento dos animais e alterações nos coeficientes de digestibilidade.

O primeiro relato do uso satisfatório da CIA como indicador interno foi com carneiros, no qual se obteve uma recuperação de 91,2% a 108,7% e valores de digestibilidade semelhantes aos do método de coleta total (Shrisvastava e

Talapatra, citados por McCarthy, Bowland, e Aherne, 1977). Posteriormente, a CIA foi usada para estimar a digestibilidade em rações para suínos (McCarthy, Aherne e Okai, 1974; McCarthy, Bowland, e Aherne, 1977; Yen et al., 1983), aves (Vogtmann, Pfirter, e Prabucki, 1975), eqüinos (Sutton, Bowland e McCarthy, 1977), bovinos (Thonney et al., 1979; Cortada e Velloso, 1987) e cabras (Carvalho, 1989), cujos resultados foram bastante precisos, quando comparados com o método de coleta total.

Pesquisa conduzida com bovinos alimentados com diferentes proporções de concentrado (0, 20, 40, 60 e 80%) na ração, com o objetivo de comparar os coeficientes de digestibilidade da MS por meio da CIA HCl 2N e método de coleta total, permitiu concluir que a CIA pode ser usada para determinar a digestibilidade de rações compostas de feno e concentrado em bovinos, pois o coeficiente de digestibilidade da MS entre os dois métodos foi semelhante (Thonney et al., 1979).

Machado (1992) comparou a eficiência da CIA HCl 2N, cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA) para estimar a digestibilidade dos nutrientes em eqüinos alimentados com diferentes combinações de capim elefante e cana-de-açúcar, com o método de coleta total. O autor concluiu que tanto a CIA como CIDA mostraram-se eficientes para estimar a digestibilidade dos nutrientes em eqüinos com os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes obtidos por meio dos indicadores semelhantes àqueles determinados pelo método de coleta total. Uma ração ou alimento deverá conter cerca de 0,75% de CIA na matéria seca para ser usada com precisão para estimar a digestibilidade dos nutrientes em ruminantes (Thonney et al., 1985).

A cinza residual da determinação da fibra em detergente ácido, conhecida como CIDA, pode ser usada como indicador interno. A CIDA tem sido empregada para estimar a digestibilidade dos nutrientes em cabras (Carvalho, 1989), bovinos (Oliveira, 1990) e eqüinos (Machado, 1992) com

resultados satisfatórios. Em rações com o nível de CIDA menor que 3%, os resultados de digestibilidade foram subestimados devido à dificuldade de recuperação da mesma nas fezes (Sherrod et al., citados por Carvalho,1989).

Numa revisão realizada por Kotb e Luckey (1972) sobre o uso da lignina como indicador, os resultados de vários autores, de 1871 a 1970, com diferentes espécies animais se mostraram contraditórios. Alguns autores afirmaram que a lignina não é digerida e apresenta uma recuperação em torno de 100%; no entanto, outros autores verificaram que a lignina é digerida, chegando a valores de 42%.

Maurício (1993) comparou os valores de digestibilidade de uma ração composta de feno de coast-cross e concentrado, estimados por meio da lignina e óxido crômico com o método de coleta total. Os resultados mostraram que a lignina e óxido crômico subestimaram os coeficientes de digestibilidade da MS, PB, EB, FDN e FDA devido às suas baixas recuperações. Resultado semelhante foi obtido por Machado (1992) com potros alimentados com diferentes combinações de cana-de-açúcar e capim elefante, em que a lignina apresentou uma recuperação média de 58,33%, permitindo ao autor concluir que a lignina mostrou-se ineficiente para estimar a digestibilidade dos nutrientes em equinos.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os mesmos ensaios descritos no capítulo 3, com o objetivo de comparar os valores de digestibilidade das rações por meio do método de coleta total e indicadores internos. No primeiro ensaio foram comparados os valores de digestibilidade da dieta, composta de 60% de feno de coast-cross e 40% de milho, através dos dois métodos. No segundo ensaio, o

milho foi substituído equitativamente pelo farelo de soja, comparando-se os valores de digestibilidade da dieta constituída de 60% feno de coast-cross e 40% de farelo de soja, por meio dos indicadores internos e o método de coleta total.

Os métodos usados para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes foram os mesmos utilizados no capítulo 4, que constituíram os tratamentos.

O período experimental, os animais utilizados, o manejo, a alimentação e coleta de amostras estão descritos detalhadamente no capítulo 3. As análises químicas dos alimentos foram as mesmas relatadas nos ensaios 1 e 2 do capítulo 4, cuja composição encontra-se na Tabela 1.

Os coeficientes de digestibilidade foram estimados para dieta composta de feno de coast-cross mais milho e feno de coast-cross, mais farelo de soja para os ensaios 1 e 2, respectivamente.

TABELA 1 - Composição química do feno de coast-cross, milho e farelo de soja fornecidos aos cavalos.

Alimento	Composição química na matéria seca									
	MS (%)	MO (%)	PB (%)	EB (kcal/kg)	FDN (%)	FDA (%)	HEM (%)	LIG (%)	CLA (%)	CIDA (%)
Feno de coast-cross ¹	88,47	96,05	6,41	4448	84,64	40,15	44,49	9,10	1,07	1,00
Milho ²	84,08	98,33	8,78	4923	20,68	5,28	15,40	3,36	0,08	- ⁴
Farelo de soja ³	89,36	93,62	50,19	4605	20,69	11,32	9,37	4,22	0,27	0,37

¹ Utilizado nos ensaios 1 e 2

² Utilizado no ensaio 1

³ Utilizado no ensaio 2

⁴ Valor foi negativo em várias análises químicas, por isso foi desconsiderado

No primeiro ensaio foi utilizado um delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições, objetivando comparar

os valores de digestibilidade da dieta composta de 60% feno de coast-cross e 40% de milho, conforme o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + M_j + E_{(ij)},$$

sendo:

Y_{ij} – coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta referente ao cavalo i e ao método j

μ - constante associada a todas as observações

B_i – efeito do cavalo i , sendo $i = 1, 2, 3, 4, 5$

M_j – efeito do método j , sendo $j = 1, 2, 3, 4$

$E_{(ij)}$ – erro aleatório associado a cada observação que, por hipótese, tem distribuição normal, média zero e variância σ^2

No segundo ensaio foi usado o mesmo modelo do primeiro ensaio, no qual foram comparados os valores de digestibilidade da dieta constituída de 60% de feno de coast-cross e 40% de farelo de soja.

Os resultados foram analisados pelo pacote computacional SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas) desenvolvido por Euclides (1997). Os valores de digestibilidade dos nutrientes obtidos pelos métodos foram comparados por meio do teste de média *Student Newman Keuls*.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Consumo dos nutrientes

Os resultados de peso corporal, consumo de matéria seca, consumo de proteína bruta, consumo de energia digestível e ingestão de água por kg de matéria seca da dieta composta de feno de coast-cross e milho, e da dieta contendo feno de coast-cross e farelo de soja, estão apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

O consumo limitado da dieta composta de feno de coast-cross e milho atendeu às exigências de manutenção para MS, PB e ED dos cavalos, segundo os valores recomendados pelo NRC (1989). Resultados obtidos por Martin-Rosset et al. (1990), com cavalos adultos alimentados com uma dieta contendo 85% de feno e 15% de concentrado ao nível de manutenção e 1,6 vez acima da manutenção, não foram verificados efeitos sobre a digestibilidade da MS, MO, PB, FB e EB.

A ingestão de água por kg de MS da dieta composta de feno e milho variou de 1,90 a 3,83kg, valores próximos aos limites de 2 a 4 litros citados por Cunha (1991). Em rações com alta digestibilidade, a ingestão de água reduz por kg de MS, indicando uma menor quantidade de água excretada nas fezes. Num estudo realizado com cavalos, o consumo de água foi de 2 litros/kg de MS consumida, quando a percentagem de grão na dieta foi acima de 55% (Lewis, 1995).

Os resultados de consumo de MS, PB e ED da dieta contendo feno de coast-cross mais farelo de soja foram acima das exigências de manutenção dos cavalos. Mesmo com o consumo limitado da dieta em 80%, a ingestão de PB e

ED foi, em média, 3,6 e 1,6 vez maior que a exigência estabelecida pelo NRC (1989). O excesso de consumo de PB juntamente com uma temperatura média das máximas de 29,6°C, provocaram um aumento no consumo de água/kg de MS de alimento, chegando a 5,70kg de água no cavalo F. A ingestão excessiva de PB causa um aumento no consumo de água e, conseqüentemente no volume de urina para excretar o excesso de nitrogênio (Lewis, 1995).

TABELA 2 – Peso corporal (PC), consumo de matéria seca diário por 100kg de peso corporal (CMS/100kg), consumo de proteína bruta diário por 100kg de peso corporal (CPB/100kg), consumo de energia digestível diário (CED/dia) e ingestão diária de água por kg de matéria seca (I água/MS) para os seis cavalos alimentados com feno de coast-cross e milho.

Parâmetros	Cavalos (Blocos)						Média
	A	B	C ²	D	E	F	
PC (kg)	330	354	-	344	315	313	331
CMS (kg/100kg) ¹	2,02	1,84	-	1,86	2,04	2,05	1,96
CPB (g/100kg)	147,2	133,6	-	135,7	148,2	149,1	142,8
CED (kcal/dia) ³	15931	15871	-	14951	15525	15281	15512
I água (kg/kg MS)	2,77	1,90	-	1,90	3,83	2,64	2,61

¹ Valor fixado em 80% do consumo voluntário determinado no pré-experimento

² Dados perdidos, devido a queda do cavalo na gaiola de metabolismo

³ Valor calculado com base na energia digestível obtida no primeiro ensaio, através do método de coleta total

TABELA 3 – Peso corporal (PC), consumo de matéria seca diário por 100kg de peso corporal (CMS/100kg), consumo de proteína bruta diário por 100kg de peso corporal (CPB/100kg), consumo de energia digestível diário (CED/dia) e ingestão diária de água por kg de matéria seca (I água/MS) para os seis cavalos alimentados com feno de coast-cross e farelo de soja.

Parâmetros	Cavalos (Blocos)						
	A	B	C ²	D	E	F	Média
PC (kg)	327	325	-	358	348	321	336
CMS (kg/100kg) ¹	1,27	2,07	-	2,23	2,30	2,66	2,11
CPB (g/100kg)	309,9	492,7	-	534,9	550,3	631,8	503,9
CED (kcal/dia) ³	11089	17453	-	22081	21334	22948	18981
I água (kg/kg MS)	5,54	3,84	-	3,84	4,50	5,70	4,68

¹ Valor fixado em 80% do consumo voluntário determinado no pré-experimento

² Dados perdidos, devido a queda do cavalo na gaiola de metabolismo

³ Valor calculado com base na energia digestível obtida no segundo ensaio, através do método de coleta total

6.2 Digestibilidade dos nutrientes e recuperação dos indicadores

Os resultados de digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, energia bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemicelulose do feno de coast-cross mais o milho, encontram-se na Tabela 4. As percentagens de recuperação do indicadores internos dos alimentos são apresentados na Tabela 5.

Foram observadas diferenças ($P < 0,05$) nos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta composta de feno e milho estimados por meio dos indicadores e pelo método de coleta total. Confirmando os resultados do capítulo 4, a lignina subestimou a digestibilidade dos nutrientes em relação aos demais indicadores e ao método de coleta total, devido à sua baixa recuperação (71,08%). Esta recuperação incompleta da lignina tem sido

verificada em ruminantes por vários autores (Kotb e Luckey, 1972; Fahey e Jung, 1983; Carvalho, 1989 e Oliveira, 1990) e em eqüinos foi observada por Fannesbeck (1968), Machado (1992) e Mauricio (1993).

Vários são os fatores que afetam a recuperação da lignina. Segundo Muntifering (1982), as prováveis razões para a baixa recuperação da lignina são: diferenciação dos monômeros fenólicos da lignina original (digestão verdadeira); digestão aparente obtida pela formação de complexos solúveis lignina-carboidratos; destruição parcial da lignina fecal pelos reagentes usados nos métodos analíticos e as diferenças físicas e/ou químicas entre os alimentos e as fezes na natureza do material definido, como lignina. A digestibilidade da lignina aparece como um dos fatores mais importantes na sua recuperação. Van Soest (1994) verificou uma digestibilidade da ordem de 20 a 40% em gramíneas imaturas e forragens com baixo conteúdo de lignina.

Em pesquisa realizada por Machado (1992) com potros alimentados com diferentes combinações de cana-de-açúcar e capim elefante, a lignina apresentou uma recuperação média de 58,33%, permitindo concluir que ela mostrou-se ineficiente para estimar a digestibilidade dos nutrientes em eqüinos.

A análise da lignina realizada nessa pesquisa através do método do permanganato pode ter sido uma das principais causas da sua baixa recuperação nas fezes. Estes resultados estão em concordância com Fannesbeck (1968) que, trabalhando com eqüinos, verificou a ineficiência deste método na determinação da lignina. Van Soest (1994) sugere que a recuperação nas fezes da lignina em permanganato pode ser melhorada pelo aumento do tempo de oxidação da amostra para 3 horas e pela análise seqüencial com ácido sulfúrico a 72%, seguida pelo uso do permanganato.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da dieta composta de feno de coast-cross e milho estimados pela CIA e CIDA foram semelhantes aos determinados pelo método de coleta total, mostrando que ambos podem ser

utilizados para estimar a digestibilidade aparente de uma dieta que apresente as composições semelhantes. Apesar de as percentagens de CIDA no milho terem sido nulas e as quantidades de CIA insignificantes, a combinação com o feno de coast-cross proporcionou uma alta taxa de recuperação de ambas nas fezes. Dessa forma, a percentagem mínima de CIDA recomendada por Sherrod et al. citados por Carvalho (1989), de 3% na MS da ração, para obter resultados precisos de recuperação, não foi confirmada nesse trabalho. Thonney et al. (1979) trabalhando com bovinos, forneceram diferentes proporções de concentrado (0, 20, 40, 60 e 80%) na ração, com o objetivo de comparar o coeficiente de digestibilidade da MS por meio da CIA HCl 2N e método de coleta total. Os resultados demonstraram que a CIA pode ser usada para determinar a digestibilidade de rações compostas de feno e concentrado em bovinos, pois o coeficiente de digestibilidade da MS entre os dois métodos foi semelhante.

TABELA 4 - Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA) e hemicelulose (CDAHE) do feno de coast-cross mais o milho, usando indicadores internos e o método de coleta total .

Tratamentos	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)						
	CDAMS	CDAMO	CDAPB	CDAEB	CDAFDN	CDAFDA	CDAHE
Lignina	44,60 b ²	47,32 b ²	39,29 b ²	39,53 b ²	27,40 b ²	14,08 b ²	39,18 b ²
CIA	59,11 a	59,94 a	54,75 a	55,37 a	46,40 a	36,52 a	55,14 a
CIDA	60,54 a	61,34 a	56,33 a	56,96 a	48,30 a	38,77 a	56,72 a
Coleta total	60,71 a	61,51 a	56,51 a	57,14 a	48,54 a	39,09 a	56,90 a
C V ¹ (%)	3,74	3,52	4,09	4,49	6,58	10,17	4,65

¹ Coeficiente de variação

² Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 5 - Percentagem média de recuperação da lignina, cinza insolúvel em HCl (CIA) e cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA) para os cavalos alimentados com feno de coast-cross mais milho e respectivos erros padrão.

Indicadores	Percentagem média de recuperação (%)
Lignina	71,08 ± 2,05
CIA	96,30 ± 2,48
CIDA	99,71 ± 1,83

Os valores de digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, energia bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemicelulose do feno de coast-cross mais o farelo de soja são apresentados na Tabela 6. Os resultados de recuperação dos indicadores encontram-se na Tabela 7.

A digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta composta de feno mais farelo de soja estimada pelos indicadores diferiu ($P < 0,05$) daqueles determinados pelo método de coleta total. A baixa recuperação da lignina (57,58%) proporcionou estimativas de coeficientes de digestibilidade aparente subestimados em relação aos outros indicadores e ao método de coleta total.

Os valores de digestibilidade aparente da mistura de feno com farelo de soja estimados tanto pela CIA como pela CIDA foram semelhantes aos obtidos pelo método de coleta total, demonstrando novamente que, mesmo com uma percentagem baixa de CIDA no alimento, a taxa de recuperação da mesma nas fezes pode ser alta. Esta pesquisa confirma os resultados obtidos por Sutton, Bowland e McCarthy (1977) e Machado (1992) que demonstram a viabilidade do uso da CIA e CIDA como indicadores internos para estimar a digestibilidade dos nutrientes em eqüinos. Deve-se ressaltar que esta pesquisa foi conduzida em uma sala fechada com os cavalos contidos em gaiolas metabólicas, evitando

assim a contaminação da alimentação por agentes que poderiam afetar a recuperação dos indicadores. A comparação dos valores de digestibilidade da matéria orgânica é uma maneira de analisar se houve contaminação dos alimentos com solo ou poeira. O uso desses indicadores para avaliar consumo e digestibilidade dos nutrientes em condições de pastejo deverá ser testado cuidadosamente, pois a ingestão de solo poderá afetar os resultados (Van Soest, 1994).

TABELA 6 - Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA) e hemicelulose (CDAHE) do feno de coaçt-cross mais o farelo de soja, usando indicadores internos e o método de coleta total .

Tratamentos	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)						
	CDAMS	CDAMO	CDAPB	CDAEB	CDAFDN	CDAFDA	CDAHE
Lignina	26,21 b ²	27,17 b ²	74,22 b ²	29,25 b ²	3,33 b ²	-4,80 b ²	12,27 b ²
CIA	54,74 a	55,33 a	84,18 a	56,60 a	40,73 a	35,77 a	46,17 a
CIDA	56,55 a	57,11 a	84,81 a	58,33 a	43,07 a	38,38 a	48,22 a
Coleta total	57,62 a	58,17 a	85,18 a	59,38 a	44,49 a	39,87 a	49,57 a
C V ¹ (%)	4,89	4,74	0,96	4,61	9,74	13,89	6,82

¹ Coeficiente de variação

² Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 7 - Percentagem média de recuperação da lignina, cinza insolúvel em HCl (CIA) e cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA) para os cavalos alimentados com feno de coast-cross mais farelo de soja e respectivos erros padrão.

Indicadores	Percentagem média de recuperação (%)
Lignina	57,58 ± 1,94
CIA	93,74 ± 2,37
CIDA	97,68 ± 1,89

7 CONCLUSÕES

O uso da CIA e CIDA como indicadores internos foram eficientes para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes de uma dieta contendo feno de coast-cross e milho, e de uma dieta composta de feno coast-cross e farelo de soja.

A lignina subestimou a digestibilidade dos nutrientes em dietas contendo volumoso e concentrado para eqüinos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, F. F. R. de. **Efeitos de diferentes níveis de proteína bruta para cabras em lactação e uso de indicadores internos para estimar a digestibilidade dos nutrientes.** Viçosa: UFV, 1989, 72p. (Tese-Mestrado em Zootecnia).
- CORTADA, C. N. M. e VELLOSO, L. **Uso da cinza insolúvel em ácido com indicador natural para a determinação da digestibilidade em bovinos.** *Revista da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo.* São Paulo, v.24, n.1 p.65-70. 1987.
- CUNHA, T. J. **Horse Feeding and Nutrition.** Gainesville: Academic Press, 2ed. 1991, 445p.
- EUCLYDES, R. F. **Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas) UFV, Viçosa, 1997. 150p.(versão7.0).**
- FAHEY, G. C. e JUNG, H. G. **Lignin as a marker in digestion studies: a review.** *Journal of Animal Science.* Champaign, v.57, n.1, p.220-225, 1983.
- FONNESBECK, P. V. **Digestion of soluble and fibrous carbohydrate of forage by horse** *Journal of Animal Science.* Champaign, v.7, n.6, p.1336-1344, 1968.
- KNAPKA, J. J.; BARTH, K. M.; BROWN, D. G. et al. **Evaluation of polyethylene, chromic oxide, and cerium-144 as digestibility indicators in burros.** *The Journal of Nutrition, Philadelphia,* v.92, n.1, p.79-85, maio.1967.
- KOTB, A R. e LUCKEY, T. D. **Markers in nutrition.** *Abstracts & Reviews.* V.42, n.3, p.814-845, jul. 1972.
- LEWIS, L. D. **Equine Clinical Nutrition: Feeding and Care.** London: Willians & Wilkins. 1995. 587p.

- MACHADO, H. de M.** Efeitos de diferentes combinações de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum): cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) sobre a digestibilidade em equinos, utilizando diferentes metodologias de determinação. Viçosa: UFV, 1992, 71p. (Tese-Mestrado em Zootecnia).
- MARTIN-ROSSET, W.; DOREU, M.; BOULOT, S. et al.** Influence of level of feeding and physiological state on diet digestibility in light and heavy breed horses. *Livestock Production Science*. Amsterdam, v.25, p.257-264, 1990.
- MAURÍCIO, R. M.** Determinação da digestibilidade aparente em equídeos através do óxido crômico, da lignina e da coleta total das fezes. Belo Horizonte: UFMG-EV, 1993, 62p. (Tese-mestrado em Zootecnia).
- McCARTHY, J. F.; AHERNE, F. X.; OKAI, D. B.** Use of HCl insoluble ash as an index material for determining apparent digestibility with pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, v.54, p.107-109, mar.1974 (note).
- McCARTHY, J. F.; BOWLAND, J. P.; AHERNE, F. X.** Influence of method upon the determination of apparent digestibility in the pig. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, v.57, p.131-135, mar.1977.
- MUNTIFERING, R. B.** Evaluation of various lignin assays for determining ruminal digestion of roughages by lambs. *Journal of Animal Science*. Champaign v.55, n.2, p.432-438, 1982.
- NRC – NATIONAL ACADEMY PRESS.** Nutrient Requirements of Horses. 5 ed rev, Washington. D. C., 1989. 100p.
- OLIVEIRA, R. F. M. de.** Estimativa da digestibilidade através de indicadores e coleta total de fezes, consumo alimentar e biometria do trato gastrointestinal, em bovinos de 3 grupos genéticos. Viçosa: UFV, 1990, 77p. (Tese-Mestrado em Zootecnia).
- OLSSON, N. e RUUDVERE, A.** The nutrition of the horse. *Nutrition Abstracts and Reviews*, London, v.25, n.1, p.1-18, jan.1955.
- PARKINS, J. J.; SNOWD, H.; ADAMS, S.** The apparent digestion of “complete diets” cubes given to throughbred horses and the use of chromic oxide as inert fecal marker. *British Veterinary Journal*. v.138, p.350-355, 1982.

- SUTTON, E. I.; BOWLAND, J. P. e McCARTHY, J. F. Studies with horses comparing 4N-HCl insoluble ash as index material with total fecal collection in the determination of apparent digestibilities. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.57, p.543-549, set.1977.
- THONNEY, M. L.; DUHAIME, D. J.; MOE, P. W. et al. Acid insoluble and permanganate lignin as indicators to determine digestibility of cattle rations. **Journal of Animal Science**. Champaign v.49, n.4, p.1112-1116, 1979.
- THONNEY, M. L.; PALHOF, B. A; De CARLO, M. R. et al. Sources of variation of dry matter digestibility measured by the acid insoluble ash marker. **Journal Dairy Science**. Champaign v.68, n.3, p.661-668, 1984.
- VANDER NOOT, G. W.; FONNESBECK, P. V.; LYDMAN; R. K. Equine metabolism stall and collection harness. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.24, n.3, p.691-698.aug.1965.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Ithaca: Cornell University Press. 1994, 476p.
- VOGTMANN, H.; PFIRTER, H. P.; PRABUCKI, A L. New method of determining metabolisability of energy and digestibility of fatty acids in broiler diets. **British Poultry Science**. v.16, p.531-534, 1975.
- YEN, J. T.; TESS, M. W.; POND, W. G. et al. Digestibility and metabolism of dietary nitrogen and energy in contemporary, genetically lean and obese pigs as estimated by total fecal collection and acid insoluble ash. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.56, n.2, p.426-430, 1983.

ANEXOS

ANEXO A

Página

- TABELA 1** A Resumos das análises de variância do tempo de passagem e percentagem de recuperação dos sacos de náilon, para os três graus de moagem do feno de coast-cross e para os sacos com ausência de alimento (branco)..... 147
- TABELA 2** A Resumo das análises de variância do tempo de passagem e percentagem de recuperação dos sacos de náilon, para os três graus de moagem do capim elefante..... 147
- TABELA 3** A Resumo das análises de variância da percentagem de desaparecimento dos sacos de náilon de matéria seca (DMS), proteína bruta (DPB) e fibra em detergente neutro (DFDN), de amostras de feno de coast-cross nos três graus de moagem, após a lavagem dos sacos em água..... 147
- TABELA 4** A Resumo das análises de variância da percentagem de desaparecimento dos sacos de náilon de matéria seca (DMS), proteína bruta (DPB) e fibra em detergente neutro (DFDN), de amostra de capim elefante nos três graus de moagem, após a lavagem dos sacos em água..... 148
- TABELA 5** A Resumo das análises de variâncias dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA) e hemicelulose (CDAHE), do feno de coast-cross, usando a técnica do saco de náilon móvel e método de coleta total----- 149
- TABELA 6** A Resumo das análises de variância dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA) e hemicelulose (CDAHE), do capim elefante, usando a técnica do saco de náilon móvel e método de coleta total..... 149

TABELA 1 B	Resumo das análises de variância do tempo de passagem e percentagem de recuperação dos sacos de náilon para os três graus de moagem do milho.....	150
TABELA 2 B	Resumo das análises de variância do tempo de passagem e percentagem de recuperação dos sacos de náilon para os três graus de moagem do farelo de soja.....	150
TABELA 3 B	Resumo das análises de variância da percentagem de desaparecimento dos sacos de náilon de matéria seca (DMS) e proteína bruta (DPB) de amostras de milho nos três graus de moagem, após a lavagem dos sacos em água...	150
TABELA 4 B	Resumo das análises de variância da percentagem de desaparecimento dos sacos de náilon de matéria seca (DMS) e proteína bruta (DPB) de amostra de farelo de soja nos três graus de moagem, após a lavagem dos sacos em água.....	151
TABELA 5 B	Resumo das análises de variância dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB) e fibra em detergente neutro (CDAFDN) do milho, usando a técnica do saco de náilon móvel e método de coleta total.....	152
TABELA 6 B	Resumo das análises de variância dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB) e fibra em detergente neutro (CDAFDN), do farelo de soja, usando a técnica do saco de náilon móvel e método de coleta total...	152

- TABELA 1 C** Resumo das análises de variância dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA) e hemicelulose (CDAHE), do feno de coast-cross, usando indicadores internos e método de coleta total..... 153
- TABELA 2 C** Resumo das análises de variância dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA) e hemicelulose (CDAHE), da dieta contendo feno de coast-cross e capim elefante, usando indicadores internos e método de coleta total..... 153

- TABELA 1 D** Resumo das análises de variância dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA) e hemicelulose (CDAHE) da dieta composta de feno de coast-cross e milho, usando indicadores internos e método de coleta total..... 154
- TABELA 2 D** Resumo das análises de variância dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA) e hemicelulose (CDAHE) da dieta composta de feno de coast-cross e farelo de soja, usando indicadores internos e método de coleta total..... 154

TABELA 1 E	Valor de energia digestível aparente e respectivos erros padrão do feno de coast-cross, capim elefante, farelo de soja e milho, utilizando o método de coleta total.....	155
-------------------	---	------------

TABELA 1 A – Resumo das análises de variância do tempo de passagem e percentagem de recuperação dos sacos de náilon, para os três graus de moagem do feno de coast-cross e para os sacos com ausência de alimento (branco).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		Tempo de passagem	Percentagem de recuperação	
			Até às 96 h	Total
Tratamento	3	124,1089*	124,3360	88,5231
Cavalo	4	33,8669	240,9818	82,4108
Resíduo	12	29,2691	132,8214	74,3828
C V		12,03	13,43	9,30

* (P<0,05)

TABELA 2 A – Resumo das análises de variância do tempo de passagem e percentagem de recuperação dos sacos de náilon, para os três graus de moagem do capim elefante.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		Tempo de passagem	Percentagem de recuperação	
			Até às 96 h	Total
Grau de moagem	2	24,3981	26,3889	26,3889
Cavalo	5	81,3691	614,7222	558,0555
Resíduo	10	27,0124	44,7222	56,3888
C V		11,47	8,33	8,64

TABELA 3 A – Resumo das análises de variância da percentagem de desaparecimento dos sacos de náilon de matéria seca (DMS), proteína bruta (DPB) e fibra em detergente neutro (DFDN), de amostras de feno de coast-cross nos três graus de moagem, após a lavagem dos sacos em água.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		Percentagem de desaparecimento		
		DMS	DPB	DFDN
Grau de moagem	2	42,9057**	586,9960**	43,0081**
Resíduo	23	2,2890	18,6492	0,8445
C V		13,12	17,13	67,27

** (P<0,01)

TABELA 4 A – Resumo das análises de variância da percentagem de desaparecimento dos sacos de náilon de matéria seca (DMS), proteína bruta (DPB) e fibra em detergente neutro (DFDN), de amostra de capim elefante nos três graus de moagem, após a lavagem dos sacos em água.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		Percentagem de desaparecimento		
		DMS	DPB	DFDN
Grau de moagem	2	7,1933*	5,9231	36,9168
Resíduo	24	1,8149	6,1322	12,4072
C V		4,96	50,55	40,92

* (P<0,05)

TABELA 5 A - Resumo das análises de variância dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA) e hemicelulose (CDAHE), do feno de coast-cross, usando a técnica do saco de náilon móvel e método de coleta total.

Fonte de variação	Quadrado médio						
	GL	Coeficiente de digestibilidade aparente					
		CDAMS	CDAPB	CDAEB	CDAFDN	CDAFDA	CDAHE
Métodos de digestibilidade	3	21,4633**	787,2216**	70,7415**	139,9408**	342,2632**	65,9962**
Cavalos	4	8,5412	3,82742	10,8551	13,1127	17,6825	17,5752
Resíduo	12	2,6187	5,5350	5,1472	3,1671	4,8220	5,1856
Coeficiente de variação		3,82	4,00	5,89	4,69	9,80	4,38

** (P<0,01)

TABELA 6 A - Resumo das análises de variância dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA) e hemicelulose (CDAHE), do capim elefante, usando a técnica do saco de náilon móvel e método de coleta total.

Fonte de variação	Quadrado médio						
	GL	Coeficiente de digestibilidade aparente					
		CDAMS	CDAPB	CDAEB	CDAFDN	CDAFDA	CDAHE
Métodos de digestibilidade	3	57,2681**	693,3248**	63,3799**	26,7569*	201,3465**	148,9500*
Cavalos	5	9,0399	18,8479	5,3701	16,7498	4,6264	57,1747
Resíduo	15	2,7324	8,8308	3,1327	7,9626	6,3546	38,6811
Coeficiente de variação		4,91	4,45	5,76	9,58	17,14	11,77

** (P<0,01) e * (P<0,05)

TABELA 1 B – Resumo das análises de variância do tempo de passagem e percentagem de recuperação dos sacos de náilon, para os três graus de moagem do milho.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		Tempo de passagem	Percentagem de recuperação	
			Até às 96 h	Total
Grau de moagem	2	68,2028	43,5555	18,6667
Cavalo	5	311,6779	44,0889	35,7333
Resíduo	10	140,2433	56,3556	56,0000
C V		25,55	10,69	9,13

TABELA 2 B – Resumo das análises de variância do tempo de passagem e percentagem de recuperação dos sacos de náilon, para os três graus de moagem do farelo de soja.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		Tempo de passagem	Percentagem de recuperação	
			Até às 96 h	Total
Grau de moagem	2	11,2004	10,6667	11,5556
Cavalo	5	77,4450	142,9333	39,2889
Resíduo	10	13,8267	31,9999	6,2222
C V		8,62	6,24	2,57

TABELA 3 B – Resumo das análises de variância da percentagem de desaparecimento dos sacos de náilon de matéria seca (DMS) e proteína bruta (DPB) de amostras de milho nos três graus de moagem, após a lavagem dos sacos em água.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		Percentagem de desaparecimento	
		DMS	DPB
Grau de moagem	2	226,5105**	41,7840
Resíduo	24	2,9783	33,8273
C V		6,49	15,27

** (P<0,01)

TABELA 4 B – Resumo das análises de variância da percentagem de desaparecimento dos sacos de náilon de matéria seca (DMS) e proteína bruta (DPB), de amostra de farelo de soja nos três graus de moagem, após a lavagem dos sacos em água.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		Percentagem de desaparecimento	
		DMS	DPB
Grau de moagem	2	7,1933*	5,9231
Resíduo	24	1,8149	6,1322
C V		4,96	50,55

* (P<0,05)

TABELA 5 B - Resumo das análises de variância dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB) e fibra em detergente neutro (CDAFDN), do milho, usando a técnica do saco de náilon móvel e método de coleta total.

Fonte de variação	Quadrado médio				
	GL	Coeficiente de digestibilidade aparente			
		CDAMS	CDAPB	CDAEB	CDAFDN
Métodos de digestibilidade	3	41,7307**	152,8804**	245,3823**	1086,839**
Cavalos	4	1,7202	7,3392	2,2754	11,3100
Resíduo	12	4,6556	8,8463	3,9802	4,5503
Coeficiente de variação		2,30	3,26	2,18	2,81

** (P<0,01)

TABELA 6 B - Resumo das análises de variâncias dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB) e fibra em detergente neutro (CDAFDN), do farelo de soja, usando a técnica do saco de náilon móvel e método de coleta total.

Fonte de variação	Quadrado médio				
	GL	Coeficiente de digestibilidade aparente			
		CDAMS	CDAPB	CDAEB	CDAFDN
Métodos de digestibilidade	3	388,0201**	3657,540**	197,1308**	2560,893**
Cavalos	4	4,6314	2,7260	2,7577	7,0978
Resíduo	12	4,1803	2,3883	3,0121	5,8308
Coeficiente de variação		2,20	1,38	1,84	3,12

** (P<0,01)

TABELA 1 C - Resumo das análises de variância dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA) e hemicelulose (CDAHE), do feno de coast-cross, usando indicadores internos e método de coleta total.

Fonte de variação	Quadrado médio							
	GL	Coeficiente de digestibilidade aparente						
		CDAMS	CDAMO	CDAPB	CDAEB	CDAFDN	CDAFDA	CDAHE
Métodos de digestibilidade	3	264,8548**	261,0365**	291,8268**	270,8197**	245,2215**	350,5858**	166,3083**
Cavalos	5	35,3480	34,3216	37,9772	54,7310	44,5143	23,8793	75,8874
Resíduo	15	8,0597	7,9266	8,7778	8,3207	7,6181	9,9504	5,8357
Coeficiente de variação		7,17	7,03	8,10	7,42	6,58	10,39	4,61

(P<0,01)

TABELA 2 C - Resumo das análises de variância dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA) e hemicelulose (CDAHE), da mdieta contendo feno de coast-cross e capim elefante, usando indicadores internos e método de coleta total

Fonte de variação	Quadrado médio							
	GL	Coeficiente de digestibilidade aparente						
		CDAMS	CDAMO	CDAPB	CDAEB	CDAFDN	CDAFDA	CDAHE
Métodos de digestibilidade	3	81,8806**	81,6697**	42,1387**	85,5902**	78,3810**	124,1113**	38,5247**
Cavalos	5	8,9361	7,5990	10,8094	7,7229	7,2729	5,9748	35,2250
Resíduo	15	4,4571	4,4433	2,3016	4,5626	4,2081	6,7318	2,0424
Coeficiente de variação		5,92	5,90	2,75	6,28	5,57	12,55	2,57

(P<0,01)

TABELA 1 D - Resumo das análises de variância dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA) e hemicelulose (CDAHE), da dieta composta de feno de coast-cross e milho, usando indicadores internos e método de coleta total.

Fonte de variação	Quadrado médio							
	GL	Coeficiente de digestibilidade aparente						
		CDAMS	CDAMO	CDAPB	CDAEB	CDAFDN	CDAFDA	CDAHE
Métodos de digestibilidade	3	303,7984**	233,8889**	346,5104**	362,5230**	522,1152**	729,4424**	367,6149**
Cavalos	4	3,6053	7,8423	3,5108	6,0841	13,9012	48,6847	2,3736
Resíduo	12	4,4311	4,0989	4,4797	5,5055	7,8839	10,6744	5,8352
Coeficiente de variação		3,74	3,52	4,09	4,49	6,58	10,17	4,65

** (P<0,01)

TABELA 2 D - Resumo das análises de variância dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA) e hemicelulose (CDAHE), da dieta de feno de coast-cross mais farelo de soja, usando indicadores internos e método de coleta total.

Fonte de variação	Quadrado médio							
	GL	Coeficiente de digestibilidade aparente						
		CDAMS	CDAMO	CDAPB	CDAEB	CDAFDN	CDAFDA	CDAHE
Métodos de digestibilidade	3	1138,656**	1109,146**	138,6610**	1047,076**	1955,502**	2304,91**	1604,757**
Cavalos	4	1,7653	2,5310	1,6368	8,6501	6,4671	16,3368	39,6582
Resíduo	12	5,6951	5,4931	0,6275	5,4966	10,2657	14,3930	7,0945
Coeficiente de variação		4,89	4,74	0,96	4,61	9,74	13,89	6,82

** (P<0,01)

TABELA 1 E - Valor de energia digestível aparente e respectivos erros padrão, do feno de coast-cross, capim elefante, farelo de soja e milho, utilizando o método de coleta total.

Alimentos	Energia digestível (kcal/kg)
Feno de coast-cross (6) ¹	1899 ± 52
Capim elefante (6)	961 ± 33
Farelo de soja (5)	3847 ± 68
Milho (5)	3193 ± 51

¹ Valores entre parênteses referem-se ao número de observações.

