

Comparação da Técnica do Saco de Náilon Móvel com o Método de Coleta Total para Determinar a Digestibilidade dos Nutrientes de Alimentos Volumosos em Equínos¹

Kleber Villela Araújo², José Augusto de Freitas Lima³, Elias Tadeu Fialho³,
Júlio César Teixeira³

RESUMO - Foram realizados dois ensaios com o objetivo de avaliar a precisão da técnica do saco de náilon móvel em relação ao método de coleta total de fezes, para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes de alimentos volumosos em equínos. Foram utilizados seis cavalos adultos sem raça definida, com idade média de sete anos. No primeiro ensaio, foram avaliados os valores de digestibilidade dos nutrientes do feno de capim *coast-cross*, por intermédio da técnica do saco de náilon móvel, com amostra moída em três diferentes granulometrias por meio do método de coleta total de fezes. 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 capim *coast-cross* e capim-elefante moídas em três diferentes granulometrias, após a lavagem dos sacos em água. Foi usado um delineamento em blocos casualizados, no qual 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 com amostra moída a 1 mm é bom método de estimativa de digestibilidade aparente de MS, EB e hemicelulose, para o feno de capim *coast-cross*, enquanto para o capim-elefante, a amostra moída a 5 mm é precisa para estimar a digestibilidade aparente da MS, EB e FDN. A moagem das amostras de feno de capim *coast-cross* e capim-elefante a 1 mm proporcionou a maior perda de partículas dos sacos de náilon, após lavagem em água.

Palavras-chave: cavalos, digestibilidade, alimentos

Comparison of the Mobile Nylon Bag Technique with the Total Collection Method to Determinate the Forages Nutrient Digestibilities in Equine

ABSTRACT - Two assays were carried out to evaluate the precision of the mobile nylon bag technique in relation to the total collection method, to estimate the apparent digestibility of nutrients of the forages in equines. Six adult crossbred horses averaging seven years old were used. In first assay, the values of digestibility of the nutrients of coast-cross hay were compared using the mobile nylon bag technique with sample ground at three different granulometries with the total feces collection. In the second assay, the two methods were compared to estimate the digestibility using elephant grass as the feed test. The disappearance of the nutrients of coast-cross hay and elephant grass samples ground at three different granulometries after washing of the bags in water was evaluated in laboratory. A randomized block design was used where each horse made up the block and digestibility determining methods, the treatments. The results showed that for the 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 hemicellulose. For the elephant grass, the sample ground at 5 mm is precise to estimate the apparent digestibility of DM, GE and NDF. The grind at 1mm of the coast-cross hay and elephant grass samples provided the greatest loss of particles from the nylon bags after washing in water.

Key Words: digestibility, feed, horses

Introdução

Na nutrição animal, a determinação da digestibilidade dos nutrientes tem grande importância na avaliação de alimentos usados nas rações para equínos. Entre os métodos empregados, o da coleta total de fezes é o mais utilizado, porém apresenta dificuldades inerentes à coleta de fezes, devido ao grande volume, limita-se à avaliação de um alimento por ensaio, além de precisar de equipamentos de alto custo.

As dificuldades inerentes à coleta quantitativa das fezes fizeram com que os pesquisadores empregassem bolsas coletoras, como as mostradas por VANDER NOOT et al. (1965), para equínos. A coleta total de fezes em equínos, por intermédio de sacos, implica no uso de arreios apropriados com sacos de coleta de elevado custo e técnicos experientes e na necessidade de troca dos sacos de 4 a 5 vezes por dia, além de impossibilitar que os animais sejam exercitados (PARKINS et al., 1982). Objetivando

¹ Parte da Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal de Lavras pelo primeiro autor.

² Professor da FAV/UNB - Brasília - DF. E-mail: kvaraujo@unb.br

³ Professor do Departamento de Zootecnia da UFLA.

superar as dificuldades das bolsas coletoras, quanto à limpeza, conservação e ajuste, as gaiolas de metabolismo começaram a ser amplamente usadas (HAENLEIN et al., 1966; STILLIONS e NELSON, 1968). Em pesquisa conduzida com asininos em gaiolas metabólicas, foram verificadas mudanças no comportamento dos animais e alterações nos coeficientes de digestibilidade (KNAPKA et al., 1967).

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 forma simples e relativamente rápida. SAUER et al. (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 continham pequenas amostras de alimentos, que eram pré-digeridas *in vitro* com HCl e pepsina, e, após, eram inseridos no duodeno por meio de fístula, sendo 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 dos alimentos.

A técnica do saco de náilon móvel foi adaptada para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes em equinos por ARAÚJO et al. (1996a). A técnica consiste na inserção estomacal de sacos de náilon de tamanho de 3,5 x 6,5 cm, contendo amostras de alimentos e a sua recuperação nas fezes. ARAÚJO et al. (1996b), avaliando a digestibilidade de vários alimentos concentrados e volumosos, por meio desta técnica, obtiveram altas porcentagens 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 de amostras é necessária para reduzir a variação nos resultados de digestibilidade e simular a mastigação normal realizada pelos animais. Dessa forma BRAND et al. (1989) estudaram três granulometrias do sorgo grão (800 micras, 1 mm e 3 mm), usando a técnica do saco de náilon móvel para suínos. Os resultados de energia digestível mostraram que a amostra moída a 3 mm foi menor que a 800 micras, que, por sua vez, foi maior que a 1 mm. Portanto, a granulometria de 1 mm foi a que mais se correlacionou aos valores de energia digestível obtidos pelo método de coleta total de fezes.

Foram objetivos deste pesquisa comparar a técnica do saco de náilon móvel, contendo amostras de

alimentos moídas em três granulometrias, com o método de coleta total de fezes, para determinar a digestibilidade dos nutrientes do feno de capim *coast-cross* e capim-elefante, e avaliar o desaparecimento dos nutrientes das amostras de feno de capim *coast-cross* e capim-elefante moídas em três granulometria, contidas nos sacos de náilon, após a lavagem destes em água.

Material e Métodos

Foram realizados dois ensaios no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, no período de junho de 1997 a março de 1998. Foram utilizados seis cavalos adultos, castrados, com idade média de sete anos, sem raça definida, e peso médio de 334 e 355 kg, para os ensaios 1 e 2, respectivamente. O ensaio 3 foi realizado no Laboratório de Nutrição Animal, utilizando uma máquina lavadora para efetuar a lavagem dos sacos de náilon em água corrente.

Os tratamentos foram constituídos pelo método de coleta total de fezes e pela técnica do saco de náilon móvel, com amostras dos alimentos avaliados moídas a 1, 3 e 5 mm. No primeiro ensaio, foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente do feno de capim *coast-cross* (*Cynodon dactylon*) obtidos pelos dois métodos, totalizando quatro tratamentos. No segundo ensaio, foram determinados os coeficientes de digestibilidade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) também por meio dos dois métodos, totalizando quatro tratamentos. No ensaio *in vitro*, os tratamentos foram constituídos por três graus de moagem das amostras de feno de capim *coast-cross* e do capim-elefante.

Os cavalos foram alojados individualmente nas gaiolas metabólicas, semelhantes às descritas por FURTADO e TOSI (1996), com adaptações nos coletores de urina e comedouro, que permitiram determinar os consumos de alimento e água e as excreções de fezes e urina separadamente.

Os ensaios de digestão foram conduzidos durante um período de 20 dias, divididos em uma fase pré-experimental de 15 dias e uma fase experimental de cinco dias. Durante a fase pré-experimental, adaptaram-se os cavalos às gaiolas metabólicas e determinou-se o consumo voluntário dos alimentos. Nos cinco dias finais, procedeu-se às coletas de fezes e a alimentação 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 capim *coast-cross*. No

segundo ensaio, os animais deveriam ser alimentados apenas com capim-elefante, porém foi necessária a inclusão do feno de capim *coast-cross* para controlar a diarreia de alguns animais, devido ao alto teor de umidade do capim. O feno de capim *coast-cross* substituiu em 60%, com base da matéria seca, o capim-elefante fornecido, dessa forma, a dieta ficou composta de 60% de feno de capim *coast-cross* e 40% de capim-elefante. Foi necessário também submeter o capim-elefante à pré-secagem por um dia no campo, visando reduzir a umidade.

Foram fornecidas quatro refeições diárias, às 8, 13, 17 e 22 h, e a água foi completada também nos mesmos horários, para que sempre houvesse água disponível. O feno de capim *coast-cross* fornecido aos animais foi moído em moinho de martelo, com peneira de 1,1 cm de diâmetro, e o capim-elefante, picado antes do fornecimento aos cavalos.

Na fase pré-experimental, os cavalos foram soltos em uma área sem cobertura vegetal, para se exercitarem por duas horas. Durante o período de coleta, os animais saíam das gaiolas por um período de 15 minutos, necessário para a passagem da sonda nasogástrica. A inserção dos sacos de náilon no estômago dos cavalos foi feita via sonda nasogástrica (ARAÚJO et al., 1996a), iniciando-se no dia anterior ao primeiro dia de coleta de fezes. Às 8 h, foram inseridos quatro sacos de náilon contendo feno de capim *coast-cross* moído a 1 mm, quatro sacos de náilon contendo feno moído a 3 mm, quatro sacos de náilon contendo feno moído a 5 mm e um saco de náilon com ausência de alimento (branco), por cavalo por dia, durante cinco dias consecutivos. No ensaio 2, o procedimento, o número de sacos inseridos e o grau de moagem das amostras de capim-elefante foram semelhantes ao primeiro ensaio, porém não foram usados sacos com ausência de alimento. As amostras de capim-elefante e feno de capim *coast-cross* colocadas dentro dos sacos de náilon foram moídas em moinho de martelo com peneiras de 1, 3 e 5 mm de diâmetro do furo e, posteriormente, peneiradas a seco, para caracterizar a distribuição nas peneiras e determinar o diâmetro geométrico médio das partículas (DGP), segundo AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURE ENGINEERS - ASAE (1988).

Foram utilizados sacos de poliéster branco de tamanho interno de 3,5 x 6,5 cm, com porosidade determinada de $60,27 \pm 1,13$ micras, preparados de acordo com ARAÚJO et al. (1996a). Dentro de cada saco de náilon, foram colocados 900 mg de amostra de feno de capim *coast-cross* e capim-elefante,

mantendo-se dentro da relação de 10 a 20 mg de matéria seca de amostra do alimento por cm² de superfície dos sacos, segundo NOCEK (1988). No ensaio *in vitro*, realizado para avaliar o desaparecimento dos nutrientes dos sacos de náilon em água, os procedimentos foram idênticos aos acima descritos.

A coleta de fezes iniciou-se 24 horas após a do alimento. As fezes foram pesadas e amostradas três vezes ao dia, às 7, 16 e 21 h. Os alimentos foram amostrados em 5% do fornecido, quatro vezes ao dia nos momentos dos fornecimentos. As amostras diárias de fezes e dos alimentos formaram uma amostra composta ao final dos cinco dias de coleta.

As coletas dos sacos de náilon foram realizadas na medida em que eram recuperados nas fezes, com exceção do período noturno, no qual os sacos eliminados das 22 às 6 h do dia seguinte foram coletados somente às 6 h. Os sacos recuperados foram identificados, anotando-se o tempo médio de passagem e armazenados a -15°C. Os sacos de náilon foram descongelados e lavados em água fria corrente em uma máquina lavadora, por 15 minutos (TEIXEIRA et al., 1989), e colocados em estufa de circulação forçada à temperatura de 55°C por 24 horas. Os sacos de náilon com tempo de passagem superior a 96 horas 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.

Para avaliar o desaparecimento *in vitro* dos nutrientes, os sacos de náilon contendo amostras de feno de capim *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 24 horas, para serem novamente pesados.

Nas amostras de fezes, feno de capim *coast-cross* e capim-elefante, foram realizadas análises de matéria seca (MS), PB, EB, FDN, FDA e lignina, segundo SILVA (1981). A composição química do feno de capim *coast-cross* e do capim-elefante encontra-se na Tabela 1. Os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes do capim-elefante foram calculados por diferença dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes do feno de capim *coast-cross*, utilizando a fórmula de MATTERSON et al. (1965).

Tabela 1 - Composição química do feno de capim *coast-cross* e capim-elefante usados nos ensaios experimentais
 Table 1 - Chemical composition of the *coast-cross* hay and elephant grass used in the assays

Alimento <i>Feed</i>	Composição química na matéria seca <i>Chemical composition in dry matter</i>							
	MS (%) <i>DM</i>	MO (%) <i>OM</i>	PB (%) <i>CP</i>	EB (kcal/kg) <i>GE</i>	FDN (%) <i>NDF</i>	FDA (%) <i>ADF</i>	HEM (%) <i>HEM</i>	LIG (%) <i>LIG</i>
Feno de capim <i>coast-cross</i> <i>Coast-cross hay</i>	88,47	96,05	6,41	4448	84,64	40,15	44,49	9,10
Capim-elefante ¹ <i>Elephant grass</i>	40,26	96,65	8,65	4095	80,79	53,66	27,13	11,06

¹ Pré-seco por um dia no campo.
Pre-dry for one day in the field.

Foi utilizado um delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos (coleta total e a técnica do saco de náilon móvel) e cinco repetições (cavalo), para analisar os coeficientes de digestibilidade aparente do feno de capim *coast-cross*. O modelo utilizado foi o seguinte:

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

em que

Y_{ij} = coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes do feno de capim *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

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, mas com seis repetições. 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 testados foi:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + E_{ij}$$

em que

Y_{ij} = desaparecimento da MS, PB e FDN do alimento teste, referente à granulometria i e à repetição j ;

μ = constante associada a todas as observações;

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

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

Os resultados foram analisados pelo programa computacional SAEG - Sistema de Análise Estatística e Genética (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV, 1997) e as médias, comparadas pelo teste Student Newman Keuls.

Resultados e Discussão

O consumo médio de matéria seca diário por 100 kg de peso corporal, o consumo médio diário de proteína bruta por 100 kg de peso corporal e o consumo médio de energia digestível diário do feno de capim *coast-cross* foi de 2,23 kg, 134,9 g e 14.110 kcal, respectivamente. Estes valores, mesmo que limitados, foram adequados para atender às exigências diárias de manutenção de MS, PB e ED dos cavalos, segundo o NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC (1989). Apenas um cavalo apresentou consumo de PB abaixo da exigência.

O consumo médio de matéria seca diário por 100 kg de peso corporal, o consumo médio diário de proteína bruta por 100 kg de peso corporal e o consumo médio de energia digestível diário da dieta composta do feno de capim *coast-cross* e capim-elefante foi de 1,87 kg, 133,6 g e 10.139 kcal, respectivamente. As exigências de manutenção de MS e PB dos cavalos, exceto de um cavalo, foram atendidas pela dieta composta de 60% de feno de capim *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 diária média de água por kg de matéria do feno de capim *coast-cross* e da dieta composta de feno de *coast-cross* e capim-elefante foi de 3,02 e 3,16 kg, respectivamente, estando estes valores dentro dos limites de 2 a 4 litros por kg de MS, citados pelo NRC (1989) e por CUNHA (1991).

O tempo médio de passagem e a porcentagem de recuperação dos sacos de náilon contendo as amostras de feno de capim *coast-cross* e capim-elefante estão apresentados na Tabela 2. Não foi detectada diferença no tempo médio de passagem entre os três graus de moagem dos sacos de náilon contendo amostra de feno

Tabela 2 - Tempo médio de passagem e porcentagem de recuperação dos sacos de náilon para os três graus de moagem do feno de capim *coast-cross* e capim-elefante e para os sacos com ausência de alimento (branco)

Table 2 - Average passage time and recovery percentage of the nylon bags for three degree of the grind of the *coast-cross* hay, elephant grass and for the bag without feed (Blank)

Tratamentos <i>Treatments</i>	Tempo de passagem	Porcentagem de recuperação dos sacos	
	<i>Passage time</i>	<i>Percentage of recovery of nylon bags</i>	
Feno de capim <i>coast-cross</i>	Horas <i>Hours</i>	Até 96 horas (%) <i>Till 96 hours (%)</i>	Total (%) <i>Total (%)</i>
<i>Coast-cross hay</i> (1 mm)	47,50 ^a	89,98 ^a	98,88 ^a
<i>Coast-cross hay</i> (3 mm)	48,63 ^a	83,30 ^a	92,20 ^a
<i>Coast-cross hay</i> (5 mm)	46,02 ^a	80,02 ^a	90,00 ^a
Branco <i>Blank</i>	37,65 ^b	89,98 ^a	89,98 ^a
CV ¹ (%)	12,03	13,43	9,30
Capim-elefante			
<i>Elephant grass</i> (1 mm)	44,82 ^a	82,50 ^a	89,17 ^a
<i>Elephant grass</i> (3 mm)	47,52 ^a	78,33 ^a	86,67 ^a
<i>Elephant grass</i> (5 mm)	43,56 ^a	80,00 ^a	85,00 ^a
CV ¹ (%)	11,47	8,33	8,64

¹ Coeficiente de variação.

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna para cada alimento não diferem ($P < 0,05$) pelo teste SNK.

¹ Coefficient of variation.

Means followed by the same letter in a column for each feed do not differ ($P < 0,05$) by SNK test.

de capim *coast-cross* ou de capim-elefante. Os sacos de náilon com tempo médio 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% do mesmo (VANDER NOOT et al., 1967). Isto demonstra que os sacos de náilon com tempo médio de passagem superior às 96 horas podem alterar os valores de digestibilidade dos alimentos, pois não representam com confiança o tempo de passagem da digesta. O tempo médio de passagem dos sacos de náilon no trato digestivo do cavalos com amostra de feno de capim *coast-cross* foi de 46,06; 47,50; e 48,63 horas para os graus de moagem de 5, 1 e 3, respectivamente. Foi verificado nos resultados do primeiro ensaio que o tempo médio de passagem dos sacos com ausência de alimento foi inferior ($P < 0,05$) àqueles que continham alimento. ARAÚJO et al. (1996b) também encontraram menor tempo médio de passagem para sacos de náilon com ausência de alimento, atribuindo esse resultado ao menor peso dos sacos, que acelerou o trânsito destes no aparelho digestivo dos equinos.

O tempo médio de passagem dos sacos de náilon contendo amostra de capim-elefante foi de 43,56; 44,82; e 47,52 horas para os graus de moagem 5, 1 e 3, respectivamente. Estes resultados assemelham-se aos obtidos por ARAÚJO et al. (1996b), os quais obtiveram tempo médio de passagem de 44,47 horas para os sacos com amostra de capim-elefante moída a 1 mm.

A recuperação dos sacos contendo amostras de

feno de capim *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 tornam-se limitadas. RAMOS et al. (1996), com objetivo de superar a retenção de sacos de náilon durante a passagem pelo intestino, em bovinos, utilizaram sacos de formato hexagonal e obtiveram mais de 90% de recuperação dos sacos. Os valores de recuperação de sacos de náilon contendo amostras de alimentos volumosos, encontrados por ARAÚJO et al. (1996b), foram superiores a 80%.

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 capim *coast-cross* e capim-elefante encontram-se na Tabela 3. 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, mostrando, portanto, que há 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 et al. (1970) comentaram que esta

Tabela 3 - Porcentagem de partículas retidas nas peneiras e diâmetro geométrico médio das partículas (DGP) dos três graus de moagem do feno de capim *coast-cross* e capim-elefanteTable 3 - Percentage of the retained particles in the screen and average diameter geometric of the particles (DGP) in the three grind degrees of the *coast-cross* hay and elephant grass

Alimento/Moagem <i>Feed/Grind</i>	Diâmetro do furo das peneiras (mm) <i>Diameter of pore of screen (mm)</i>									DGP ¹ (mm) <i>DGP</i>
	3,0	2,0	1,5	1,0	0,5	0,25	0,12	0,07	Prato <i>Pan</i>	
Feno de capim <i>coast-cross</i>										
<i>Coast-cross hay (1 mm)</i>	-	-	-	2,82	52,22	21,37	18,95	2,62	2,02	0,445
<i>Coast-cross hay (3 mm)</i>	2,41	0,60	6,44	13,08	57,75	12,88	-	-	6,84	0,773
<i>Coast-cross hay (5 mm)</i>	3,42	1,81	5,84	17,51	48,29	15,09	-	-	8,05	0,802
Capim-elefante										
<i>Elephant grass (1 mm)</i>	-	-	-	0,0	15,16	44,67	29,92	9,76	3,48	0,290
<i>Elephant grass (3 mm)</i>	-	0,40	2,82	10,66	62,17	13,88	7,85	-	2,21	0,627
<i>Elephant grass (5 mm)</i>	0,0	0,40	1,81	10,24	55,42	21,08	-	-	11,04	0,654

¹ Valor calculado segundo ASAE (1988).¹ Values calculated from ASAE (1988).

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 (1982) verificaram que as partículas no peneirado seco tende a saltar em círculo na separação entre peneiras e passar pelos poros da peneira abruptamente, o que pode provocar alterações na distribuição do tamanho das partículas e refletindo também no DGP.

Os resultados de desaparecimento da MS, PB e FDN dos sacos de náilon contendo amostras de feno de capim *coast-cross* e capim-elefante, após a lavagem em água, estão apresentados na Tabela 4. A porcentagem de desaparecimento da MS, PB e FDN para os sacos com amostra de feno de capim *coast-cross* foram diferentes ($P < 0,05$) nos três graus de moagem. Os sacos contendo amostra moída a 1 mm apresentaram os maiores valores de desaparecimento de MS, PB e FDN. O desaparecimento de MS e PB era esperado, pois a água é capaz de solubilizar parte do nitrogênio (VANHATALO e KETOJA, 1995; VAN STRAALEN et al., 1997) e também alguns carboidratos não-estruturais e de reserva dos alimentos (VAN SOEST, 1994), mas o desaparecimento da FDN deve-se, 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 diferiram ($P < 0,05$) entre os três graus de moagem das amostras. Os maiores percentuais de desaparecimentos de MS, PB e FDN ocorreu nos sacos com amostra moída a 1 mm, semelhante aos resultados obtidos com feno de capim *coast-cross*. A diferença no desaparecimento da PB nas amostras com moagem

entre 3 e 5 mm, provavelmente, é atribuída à falta de uniformidade das amostras colocadas dentro dos sacos, ou seja, diferentes proporções de caule e folha da amostra de capim-elefante.

O desaparecimento da PB e FDN nas amostras de capim-elefante foram ligeiramente maiores que o verificado no feno de capim *coast-cross*. Os maiores valores de desaparecimento de FDN estão relacionados à perda física de pequenas partículas dos sacos, enquanto os valores da PB podem estar relacionados a formas de nitrogênio presentes na planta. VAN STRAALEN et al. (1997), avaliando o desaparecimento do nitrogênio em vários alimentos, após a lavagem em água, verificaram que o desaparecimento do nitrogênio não-protéico foi muito maior que o nitrogênio presente nos aminoácidos. No entanto, se a forragem é rica em albumina, a água poderá dissolver 50% das proteínas citoplasmáticas (VAN SOEST, 1994). Para se obter informações mais detalhadas de cada alimento, seria necessário 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 et al., 1994). Nesta pesquisa, a diferença entre o desaparecimento de PB e MS foi negativa para as amostras de feno de capim *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.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, PB, EB, FDN, FDA e hemicelulose do feno de capim *coast-cross* e capim-elefante, obtidos por meio do

Tabela 4 - Porcentagem de desaparecimento de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN) nos sacos de náilon de amostras de feno de capim *coast-cross* e capim-elefante nos três graus de moagem, após a lavagem dos sacos em água

Table 4 - Percentage of the disappearance of the nylon bags of dry matter (DM), crude protein (CP) and neutral detergent fiber (NDF) of the sample of the *coast-cross* hay and elephant grass in three degree of the grind, after washing of the bags in water

Tratamentos <i>Treatments</i>	Porcentagem de desaparecimento dos nutrientes (%) <i>Percentage of the disappearance of the nutrients</i>		
	MS <i>DM</i>	PB <i>CP</i>	FDN <i>NDF</i>
Feno de capim <i>coast-cross</i>			
<i>Coast-cross</i> hay (1 mm)	14,00 ^a	34,43 ^a	3,86 ^a
<i>Coast-cross</i> hay (3 mm)	10,57 ^b	20,94 ^b	0,08 ^b
<i>Coast-cross</i> hay (5 mm)	9,92 ^b	19,80 ^b	0,00 ^b
CV ¹ (%)	13,12	17,13	67,27
Capim-elefante			
<i>Elephant grass</i> (1 mm)	16,35 ^{a2}	47,98 ^{a2}	7,18 ^{a2}
<i>Elephant grass</i> (3 mm)	12,31 ^b	47,04 ^b	0,82 ^b
<i>Elephant grass</i> (5 mm)	11,62 ^b	35,96 ^c	0,58 ^b
CV ¹ (%)	7,30	1,35	52,14

¹ Coeficiente de variação.

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna para cada alimento não diferem, (P<0,05) pelo teste SNK.

¹ Coefficient of variation.

Means followed by the same letter in a column for each feed do not differ (P<.05) by SNK test.

método de coleta total de fezes e da técnica do saco de náilon móvel, encontram-se nas Tabelas 5 e 6, 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 de fezes e saco de náilon com amostra moída a 1 mm. Para as demais granulometrias da amostra do feno de capim *coast-cross* presentes nos sacos, os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, PB, EB, FDN, FDA e hemicelulose foram diferentes (P<0,05) em relação aos obtidos pelo método de coleta total de fezes. A digestibilidade aparente da PB foi maior para amostra de feno de capim *coast-cross* moída a 1 mm, intermediária para amostras moídas a 3 e 5 mm e menor quando se usou o método de coleta total de fezes. Os valores de PB superestimados pela técnica do saco de náilon móvel podem estar relacionados, em parte, à perda física de pequenas partículas dos sacos e, também, ao processo de lavagem dos sacos, que tende a remover as contaminações endógenas e bacterianas, o que não acontece quando se determina a digestibilidade aparente pelo método de coleta total de fezes. Dessa forma, talvez a digestibilidade da PB obtida pela técnica do saco de náilon móvel esteja mais próxima da digestibilidade verdadeira da PB estimada pelo método de coleta total de fezes, uma vez que a fração metabólica fecal de nitrogênio poderá chegar a

9,1 mg/g de MS consumida em equinos alimentados exclusivamente de feno (GIBBS et al. 1988). Resultados superestimados de digestibilidade aparente da PB foram encontrados por BOER et al. (1986), quando trabalharam com a técnica do saco de náilon móvel em bovinos, para determinar a digestibilidade pós-ruminal. Os autores atribuem esses resultados à lavagem dos 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 de náilon no intestino grosso dos equinos, limitando o ataque microbiano, já que a porosidade dos sacos de náilon usada não foi limitante (NOCEK, 1988; HUNTINGTON e GIVENS, 1995). ARAÚJO et al. (1996b), utilizando a técnica do saco de náilon móvel em equinos, encontraram valores de digestibilidade do FDN de 43,17%, em amostras de feno de capim *coast-cross*, resultados superiores aos obtidos nesta pesquisa.

Obteve-se, por meio da passagem dos sacos de náilon com ausência de alimento pelo aparelho digestivo dos equinos, valor médio das impregnações de 1,97 mg/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±0,8 mg/saco ou 2,04% por saco. Isto sugere que, nesta pesquisa, a lavagem dos sacos foi mais eficiente, reduzindo, assim, as partículas aderidas às

Tabela 5 - Coeficientes médios 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 capim *coast-cross*, usando a técnica do saco de náilon móvel e o método de coleta total de fezes

Table 5 - Average coefficients of apparent digestibility of dry matter (CADDM), crude protein (CADCP), gross energy (CADGE), neutral detergent fiber (CADNDF), acid detergent fiber (CADADF) and hemicellulose (CADHE) of the coast-cross hay, using the mobile technique bag nylon and the total collection method

Tratamentos <i>Treatments</i>	Coeficiente de digestibilidade aparente (%) <i>Coefficients of apparent digestibility</i>					
	CDAMS <i>CADDM</i>	CDAPB <i>CADCP</i>	CDAEB <i>CADGE</i>	CDAFDN <i>CADNDF</i>	CDAFDA <i>CADADF</i>	CDAHE <i>CADHE</i>
Saco náilon (1 mm) <i>Nylon bag</i>	44,73 ^a	68,24 ^a	40,38 ^a	36,83 ^b	17,22 ^b	54,55 ^a
Saco náilon (3 mm) <i>Nylon bag</i>	40,98 ^b	64,86 ^b	35,68 ^b	34,92 ^b	19,72 ^b	48,67 ^b
Saco náilon (5 mm) <i>Nylon bag</i>	40,33 ^b	61,69 ^b	35,06 ^b	34,25 ^b	17,97 ^b	48,96 ^b
Coleta total <i>Total collection</i>	43,47 ^a	40,41 ^c	42,87 ^a	45,69 ^a	34,72 ^a	55,57 ^a
CV ¹ (%)	3,82	4,00	5,89	4,69	9,80	4,38

¹ Coeficiente de variação.

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem pelo teste SNK (P<0,05).

¹ Coefficient of variation.

Means followed by the same letter in a column do not differ (P<.05) by SNK test.

Tabela 6 - Coeficientes médios 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 de fezes

Table 6 - Average coefficients of apparent digestibility of dry matter (CADDM), crude protein (CADCP), gross energy (CADGE), neutral detergent fiber (CADNDF), acid detergent fiber (CADADF) and hemicellulose (CADHE) of the elephant grass, using the mobile technique bag nylon and the total collection method

Tratamentos <i>Treatments</i>	Coeficiente de digestibilidade aparente (%) <i>Coefficients of apparent digestibility</i>					
	CDAMS <i>CADDM</i>	CDAPB <i>CADCP</i>	CDAEB <i>CADGE</i>	CDAFDN <i>CADNDF</i>	CDAFDA <i>CADADF</i>	CDAHE <i>CADHE</i>
Saco náilon (1 mm) <i>Nylon bag</i>	37,42 ^a	63,72 ^b	34,81 ^a	32,14 ^a	20,71 ^a	51,96 ^b
Saco náilon (3 mm) <i>Nylon bag</i>	34,69 ^b	61,25 ^b	31,73 ^b	28,86 ^{ab}	17,38 ^b	48,80 ^b
Saco náilon (5 mm) <i>Nylon bag</i>	32,24 ^c	59,43 ^b	29,10 ^c	27,06 ^b	13,52 ^c	50,54 ^b
Coleta total <i>Total collection</i>	30,28 ^c	82,67 ^a	27,35 ^c	29,75 ^{ab}	7,22 ^d	60,06 ^a
CV ¹ (%)	4,91	4,45	5,76	9,58	17,14	11,77

¹ Coeficiente de variação.

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem pelo teste SNK (P<0,05).

¹ Coefficient of variation.

Means followed by the same letter in a column do not differ (P<.05) by SNK test.

paredes dos sacos. No entanto, a lavagem dos sacos de náilon por 15 minutos em água poderá também ser fonte de perda das partículas dos sacos, causando superestimação dos valores de digestibilidade.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, EB e FDN do capim-elefante não diferiram entre os

métodos de coleta total de fezes e saco de náilon móvel com amostra moída a 5 mm, enquanto os coeficientes de digestibilidade da PB, FDA e hemicelulose foram diferentes (P<0,05) entre os dois métodos. As diferenças encontradas entre os graus de moagem para MS, EB e FDA devem-se, principalmente, à perda de partículas

dos sacos de náilon, como mostrado no ensaio de lavagem dos sacos em água. Os resultados de digestibilidade aparente da PB não foram subestimados pela técnica do saco de náilon móvel, e sim superestimados pelo método de coleta total de fezes, uma vez que FURTADO (1991), ALMEIDA et al. (1999) e FIGUEIREDO et al. (1999) encontraram valores de digestibilidade aparente da PB do capim-elefante de 28,35; 24,60; e 44,9%, respectivamente, utilizando o método de coleta total de fezes.

O coeficiente de digestibilidade do capim-elefante foi determinada por diferença do CDAPB do feno de capim *coast-cross*. Nesse 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 (1975), citados por COELHO da SILVA e LEÃO (1979), esses 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 ração composta de forragem e grãos poderá ter efeito associativo positivo, quando o consumo for em nível de manutenção, porém poderá ter efeito associativo negativo com consumo elevado. Já a combinação de diferentes forrageiras poderá proporcionar efeitos associativos positivos, quando uma forragem suprir um nutriente deficiente, principalmente proteína (MERCHEN e BOURQUIN, 1994). Nessa pesquisa, a combinação do capim-elefante com feno de capim *coast-cross* proporcionou digestibilidade aparente da PB de 57,10%, enquanto a digestibilidade exclusiva do feno de capim *coast-cross* foi de 40,41%. Este fato demonstra que a combinação do feno do capim *coast-cross* e capim-elefante proporcionou aumento no CDAPB e, conseqüentemente, o valor do CDAPB do capim-elefante ficou superestimado, uma vez que este foi calculado por diferença. De acordo com COELHO da SILVA e LEÃO (1979), se determinado alimento for adicionado a uma ração, à proporção que representa 5% da proteína total da ração, alteração de 1% no coeficiente de digestibilidade aparente da proteína da ração pode resultar em mudança de, aproximadamente, 20% na digestibilidade aparente da proteína do alimento adicionado.

Conclusões

A moagem das amostras dos alimentos a 1 mm proporcionou a maior perda de partículas dos sacos de náilon após a lavagem destes em água, afetando os

valores de digestibilidade de alguns nutrientes do feno de capim *coast-cross* e capim-elefante.

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

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

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, M.I.V., FERREIRA, W.M., ALMEIDA, F.Q. et al. 1999. Valor nutritivo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), do feno de alfafa (*Medicago sativa*, L.) e do feno de capim *coast-cross* (*Cynodon dactylon*, L.) para eqüinos. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 28(4):743-752.
- ARAÚJO, K.V., LIMA, J.A.F., TEIXEIRA, J.C. et al. 1996a. Uso da técnica do saco de náilon móvel na determinação da digestibilidade aparente em eqüinos. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 25(5):957-963.
- ARAÚJO, K.V., LIMA, J.A.F., TEIXEIRA, J.C. et al. 1996b. Determinação da digestibilidade aparente do nutriente de alguns concentrados e volumosos para eqüinos, pela técnica do saco de náilon móvel. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 25(5):944-956.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURE ENGINEERS - ASAE. 1988. *Method of determining and expressing particle size of chopped forage materials by screening*. ASAE standard S424. p.374-376.
- BOER, G., MURPHY, J.J., KENNELLY, J.J. 1986. Mobile nylon bag for estimating intestinal availability of rumen undegradable protein. *J. Dairy Sci.*, 70(5):977-982.
- BRAND, T.S., BADENHORST, H.A., SIEBRITS, F.K. et al. 1989. Use of the mobile nylon bag technique to determine digestible energy in pig diets. *S. Afric. J. Anim. Sci.*, 19(4):165-171.
- COELHO DA SILVA, J.F., LEÃO, M., I. 1979. *Fundamentos de nutrição dos ruminantes*. Piracicaba: Livroceres Ltda. 380p.
- CUNHA, T.J. 1991. *Horse feeding and nutrition*. Gainesville: Academic Press, 2.ed. 445p.
- ENSOR, W.L., OLSON, H.H., COLENBRANDER, V.F. 1970. A report: Committee on classification of particle size in feedstuffs. *J. Dairy Sci.*, 53(5):689-690.
- FIGUEIREDO, D.M., ARAÚJO, K.V., LIMA, J.A.F. et al. 1999. Valores de digestibilidade de alimentos volumosos para eqüinos. *Rev. bras. zootec.*, 28(4):766-772.
- FURTADO, S.I. *Ensaio de digestibilidade em eqüinos recebendo rações com uréia*. Viçosa, MG: UFV, 1991. 59p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1991.
- FURTADO, C.E., TOSI, H. Gaiola de metabolismo para eqüinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37,1996, Fortaleza. *Anais....* Fortaleza: SBZ, 1996. p.192-193.
- GIBBS, P.G., POTTER, G.D., SCHELING, G.T. et al. 1988. Digestion of hay protein in different segments of the equine digestive tract. *J. Anim. Sci.*, 66(2):400-406.
- HAENLEIN, G.F.W., HOLDREN, R.D., YOON, Y.M. 1966. Comparative response of horse and sheep to different physical forms of alfalfa hay. *J. Anim. Sci.*, 25(4):740-743.

- HUNTINGTON, J.A., GIVENS, D.I. 1995. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. *Nutr. Abstr. Rev. (Series B)*, 65(2):63-93.
- KNAPKA, J.J., BARTH, K.M., BROWN, D.G. et al. 1967. Evaluation of polyethylene, chromic oxide, and cerium-144 as digestibility indicators in burros. *J. Nut.*, 92(1):79-85.
- LOPEZ, S., FRANCE, J., DHANOA, M.S. 1994. A correction for particulate matter loss when applying the polyester-bag method. *Br. J. Nut.*, 71:135-137.
- MATTERSON, L.D., POTTER, L.M., STUTZ, M.W. et al. 1965. The metabolizable energy of feeds ingredient for chickens. Storrs, Connecticut; *The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station*. 11p. (research Report,7).
- MERCHEN, N.R., BOURQUIN, L.D. Processes of digestion and factors influencing digestion of forage-based diets by ruminants. In: CONFERENCE ON FORAGE QUALITY, EVALUATION AND UTILIZATION, 1994, Lincoln. *Proceedings...* Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.564-612.
- NOCEK, J.E. 1988. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review *J. Dairy Sci.*, 71(8):1052-1069.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1989. *Nutrient requirements of horses*. 5.ed rev., Washington. D.C. 100p.
- PARKINS, J.J., SNOW, H., ADAMS, S. 1982. The apparent digestion of "complete diets" cubes given to thoroughbred horses and the use of chromic oxide as an inert fecal marker. *Br. Vet. J.*, 138:350-355.
- RAMOS, S.M., VALADARES FILHO, S.C., COELHO DA SILVA, J.F. et al. 1996. Utilização da técnica do saco de náilon móvel para determinação da digestibilidade intestinal de vários alimentos, em novilhos cecotomizados. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 25(4):778-793.
- SAUER, W.C., JORGENSEN, H., BERZINS, R.A. 1983. Modified nylon bag technique for determining apparent digestibilities of protein in feedstuffs for pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 63(1):223-237.
- SILVA, D.J. 1981. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. Viçosa: UFV. 166p.
- STILLIONS, M.C., NELSON, N.E. 1968. Metabolism stall for male equine. *J. Anim. Sci.*, 27(1):68-72.
- TEIXEIRA, J.C., HUBER, J.T., WANDERLEY, R.C. 1989. Uso da técnica de saco de náilon móvel para estimar digestibilidade pós-ruminal em vacas leiteiras. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 18(4):285-294.
- UDEN, P., VAN SOEST, P.J. 1982. The determination of particle size in some herbivores. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 7:35-44.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. 1997. *Sistema para Análises Estatísticas e Genética*- SAEG, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Manual do usuário, 150p. (versão7.0).
- VANDER NOOT, G.W., SYMONS, L.D., LYDMAN, R.K. et al. 1967. Rate of passage of various feedstuffs through the digestive tract of horses *J. Anim. Sci.*, 26(6):1309-1311.
- VANDER NOOT, G.W., FONNESBECK, P.V., LYDMAN, R. K. 1965. Equine metabolism stall and collection harness. *J. Animal Sci.*, 24(3):691-698.
- VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca: Cornell University Press. 476p.
- VANHATALO, A., KETOJA, E. 1995. The role of the large intestine in post-ruminal digestion of feeds as measured by the mobile-bag method in cattle. *Br. J. Nut.*, 73:491-505.
- VAN STRAALLEN, W.M., ODINGA, J.J., MOSTERT, W. 1997. Digestion of feed amino acids in the rumen and small intestine of dairy cows measured with nylon-bag techniques. *Br. J. Nut.*, 77:83-97.

Recebido em: 25/02/99

Aceito em: 29/10/99