

# Digestibilidade *in vitro* e *in situ* de três forrageiras tropicais colhidas manualmente e por vacas fistuladas no esôfago

Edmundo Beneditii<sup>1</sup>, Norberto Mario Rodríguez<sup>2</sup>, Warley Efrem Campos<sup>3\*</sup>, Lúcio Carlos Gonçalves<sup>2</sup> e Iran Borges<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Zootecnia, Escola Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

<sup>3</sup>Programa de Pós-graduação em Respirometria Calorimétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627, 31270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: wecampos2@yahoo.com.br

**RESUMO.** Avaliou-se a digestibilidade *in vitro* (DIV) e *in situ* da matéria seca (MS) e “*in situ*” da proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), celulose e hemicelulose das gramíneas Colonião (*Panicum maximum*) (COL), *Brachiaria decumbens* (BRACH) e Napier (*Pennisetum purpureum*) (NAP) de amostras colhidas manualmente e por vacas portadoras de cânula no esôfago. A DIV-MS das gramíneas colhidas, manualmente, foi de 64% para NAP, 63% para BRACH e 55% para COL. A fração insolúvel potencialmente degradável (%) e a taxa de degradação (% h<sup>-1</sup>) das gramíneas NAP, BRACH e COL foram, respectivamente, de 62,8 e 6,4; 64,7 e 5,0 e 65,7 e 4,0 para a MS; 62,0 e 4,2; 62,6 e 3,0 e 70,8 e 2,6 para a PB; 77,2 e 6,3; 75,5 e 4,9 e 70,1 e 3,7 para a FDN. Concluiu-se que a oferta de forragem estudada permitiu aos bovinos seleção dos alimentos de forma a se obter dietas com valores nutritivos superiores aos disponíveis nas pastagens e que para o sistema de pastejo contínuo com carga animal variável, a gramínea Napier mostrou-se mais digestível, seguida pela Braquiária e pelo Colonião que apresentou os menores parâmetros de degradação ruminal.

**Palavras-chave:** degradabilidade, capim Napier, Colonião, Braquiária.

**ABSTRACT.** *In vitro* and *in situ* digestibility of three tropical forages collected manually and by esophageal fistulated cows. This study evaluated *in vitro* (IV) and *in situ* dry matter (DM) digestibility, as well as *in situ* crude protein (CP), neutral (NDF) and acid (ADF) detergent fiber, cellulose and hemicellulose degradability of Colonião (*Panicum maximum*) (COL), *Brachiaria decumbens* (BRACH), and Napier (*Pennisetum purpureum*) (NAP) grasses. The grasses were collected manually and from esophageal fistulated cows. The IV-DM digestibility of the manually collected samples were 64% for NAP, 63% for BRACH and 55% for COL. The insoluble potentially degradable fraction (%) and the degradation rate (% h<sup>-1</sup>) of NAP, BRACH and COL grasses were 62.8 and 6.4, 64.7 and 5.0, and 65.7 and 4.0 for DM; 62.0 and 4.2, 62.6 and 3.0, and 70.8 and 2.6 for CP; 77.2 and 6.3, 75.5 and 4.9, and 70.1 and 3.7 for NDF, respectively. It was concluded that forage availability was adequate and allowed forage selection by cattle, as the selected diet was more nutritive than the manually collected grass. For pasture systems with variable animal weight per hectare, Napier grass had higher digestibility, followed by *Brachiaria* and Colonião, which showed the lowest degradation values.

**Key words:** degradability, Napier grass, Colonião, *Brachiaria*.

## Introdução

No rúmen ocorre digestão significativa dos nutrientes dos alimentos, por conseguinte, busca-se conhecer a degradação ruminal das proteínas e carboidratos das forrageiras.

A avaliação da degradabilidade ruminal permite a estimativa do grau de aproveitamento dos nutrientes pelo ruminante, sendo o potencial máximo de degradação e a taxa de degradação os principais elementos de qualificação de uma forrageira (Sampaio,

1994), devendo tais parâmetros apresentar altos valores de forma a permitir que o potencial máximo de degradação seja atingido em menor tempo (Silva, 2003).

Uma deficiência ou ineficiência, na utilização da proteína, conduz a um decréscimo na digestibilidade dos carboidratos. Por outro lado, a deficiência de carboidratos resulta em perda de nitrogênio na forma de amônia. Portanto, apenas conhecendo-se essa relação, pode-se otimizar a produção de ruminantes em pasto, sendo as pesquisas na área de

avaliação de forrageiras tropicais indispensáveis, uma vez que elas compõem a base da alimentação.

Avaliou-se a digestibilidade *in vitro* e *in situ* de três gramíneas tropicais: Napier (*Pennisetum purpureum*), Braquiária (*Brachiaria decumbens*) e Colômbio (*Panicum maximum*) em amostras colhidas manualmente e por vacas fistuladas no esôfago.

### Material e métodos

Foram avaliados a composição bromatológica e os parâmetros de degradação ruminal das forragens Napier (*Pennisetum purpureum*), Braquiária (*Brachiaria decumbens*) e Colômbio (*Panicum maximum*) de amostras colhidas manualmente e por seis vacas canuladas no esôfago pastejando piquetes de 1 ha em uma fazenda localizada no município de Uberlândia, Estado de Minas Gerais.

Para a digestibilidade *in vitro*, utilizou-se a técnica preconizada por Tilley e Terry (1963), sendo avaliadas as digestibilidades da MS dos materiais obtidos das vacas canuladas no esôfago e de amostras ceifadas dos piquetes utilizados pelos animais a intervalos de dez dias, durante um período de 63 dias. As alturas de corte foram 0,6; 0,5 e 0,2 m para as forragens Napier, Colômbio e Braquiária, respectivamente, sendo as amostras de cada piquete agrupadas duas a duas para serem obtidas amostras representativas dos três períodos experimentais. No procedimento manual, foram colhidos 6 kg de plantas em diversos estádios vegetativos de forma a se obter diferentes extratos de rebrota no ecossistema da pastagem.

Os pastos foram formados simultaneamente com correção de solo feita conforme recomendações preconizadas, a partir de prévias análises do solo. Para cada forrageira, foram formados dois piquetes, os quais tiveram suas alturas controladas com a utilização de carga animal variável (animais “volantes”) em lotação contínua, permitindo altura e índice de rebrota suficientes para manter a relação folha haste na pastagem em 75:25. Para o capim-Colômbio, convencionou-se altura média de pastejo de 1,25 m, para o capim-Napier, 1,65 m e para a Braquiária, 0,4 m.

As colheitas de amostra foram feitas a cada 22 dias em três períodos distintos, início (período I) e final (período II) de janeiro e final de fevereiro (período III), e as gramíneas permaneciam em constante estágio vegetativo. Foram obtidos, aproximadamente, 10 kg de extrusa de cada espécie forrageira por vaca fistulada por período de amostragem. Para a obtenção dessa quantidade de material, as bolsas coletoras eram colocadas às 7h da manhã e esvaziadas a cada 2h por três vezes consecutivas. Depois de homogeneizadas, as

amostras foram secadas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 48h e armazenadas para análises bromatológicas e incubações *in vitro* e *in situ*.

Foram determinadas as degradabilidades *in vitro* e *in situ* da matéria seca (MS) e “*in situ*” da matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), celulose (CEL) e hemicelulose (HCEL).

Para o estudo da degradabilidade *in situ*, foram utilizadas bolsas de náilon de 9 x 14 cm, com poros de 41 µm, contendo 5 g da extrusa parcialmente seca (65°C por 48h) de vacas canuladas no esôfago. As bolsas de náilon foram fixadas a uma corrente, que serviu como âncora, e incubadas no rúmen de seis vacas fistuladas por 6, 24 e 96h, conforme sugerido por Sampaio (1990). Ao final dos períodos, as bolsas eram removidas de uma só vez e lavadas, manualmente, em água corrente até a água mostrar-se limpa, quando, então, eram colocadas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 48h. Para a determinação do tempo zero, utilizaram-se bolsas com 5 g de amostra, sendo os procedimentos idênticos aos realizados com as bolsas incubadas no rúmen.

As degradabilidades potenciais foram calculadas utilizando-se o modelo abaixo:

$$D = A - B \star e^{-ct} \quad (1)$$

em que:

D = degradabilidade;

A = potencial máximo de degradação;

B = variável sem valor biológico;

c = taxa de degradação do material remanescente na bolsa após o desaparecimento da fração solúvel.

A fração insolúvel e potencialmente degradável ( $B_1$ ) foi calculada, subtraindo-se do potencial de degradação (A) a fração solúvel (S) (Sampaio, 1988).

As degradabilidades efetivas (DE) foram calculadas considerando-se as taxas de passagem do rúmen (k), segundo a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979):

$$DE = S + B_1 \star \frac{c}{c + k} \quad (2)$$

em que:

S representa a fração prontamente solúvel;  $B_1$  a fração insolúvel potencialmente degradável; c a taxa de degradação e k a taxa de passagem (% h<sup>-1</sup>).

As análises de MS e PB foram realizadas segundo os procedimentos preconizados pela AOAC (1980), e as de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), conforme técnica descrita por Van Soest *et al.* (1991).

Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso para comparação dos valores de digestibilidade *in vitro*, sendo os períodos os blocos. Para o estudo *in situ*, seguiu-se o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, sendo os animais fistulados nos blocos e os tempos de incubação as subparcelas. Foram analisadas as estatísticas com o auxílio do programa SAS (1999), sendo as médias comparadas pelo teste t de Student. Foram consideradas significantes aquelas com valor de  $p \leq 0,05$ .

Pela grande diferença entre os tempos de incubação (6, 24 e 96h), a comparação entre horários não é relevante, não foram realizados testes estatísticos para a comparação dos tempos, pois se tem convicção das diferenças na degradação ruminal.

### Resultados e discussão

Nas Tabelas 1 e 2, foram demonstradas as médias das composições bromatológicas das forrageiras colhidas manualmente e obtidas das vacas canuladas no esôfago, respectivamente. Os resultados representam a média dos cortes realizados durante os três períodos experimentais.

**Tabela 1.** Composição bromatológica média (% MS) das gramíneas Napier, Braquiária e Colônião em três períodos experimentais.

**Table 1.** Bromatological composition (%) of Napier, Brachiaria and Colônião grasses in three experimental periods.

Pastos	MO	PB	FDN	FDA	CEL	HCEL	LIGN
Pastures	OM	CP	NDF	ADF	CEL	HCEL	LIGN
Napier	91,9 <sup>a</sup>	11,4 <sup>a</sup>	71,5 <sup>b</sup>	43,1 <sup>b</sup>	40,0 <sup>ba</sup>	28,4 <sup>ba</sup>	5,7 <sup>a</sup>
Braquiária	91,5 <sup>a</sup>	11,3 <sup>a</sup>	70,7 <sup>b</sup>	41,3 <sup>b</sup>	37,2 <sup>b</sup>	29,4 <sup>a</sup>	4,0 <sup>b</sup>
Colônião	91,5 <sup>a</sup>	10,6 <sup>a</sup>	75,3 <sup>a</sup>	47,6 <sup>a</sup>	42,0 <sup>a</sup>	27,7 <sup>b</sup>	5,7 <sup>a</sup>

Alturas de corte: 0,6; 0,5; e 0,2 m para as gramíneas Napier, Colônião e Braquiária, respectivamente. Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste t de Student ( $p < 0,05$ ). MO = Matéria orgânica, PB = Proteína bruta, FDN = Fibra em detergente neutro, FDA = Fibra em detergente ácido, CEL = Celulose, HCEL = Hemicelulose, LIGN = Lignina.

Cut height: 0,6; 0,5; and 0,2 m for Napier, Colônião and Brachiaria, respectively. Averages in the same column followed by different letters are statistically different by Student's t-test ( $p < 0,05$ ). OM = organic matter, CP = Crude protein, NDF = Neutral detergent fiber, ADF = Acid detergent fiber, CEL = Cellulose, HCEL = Hemicellulose, LIGN = Lignin.

**Tabela 2.** Composição bromatológica média (% MS) da dieta colhida por vacas portadoras de cânulas esofágicas em pastagens de Napier, Braquiária e Colônião.

**Table 2.** Bromatological composition (% MS) of diets consumed by esophageal fistulated cows in pastures of Napier, Brachiaria and Colônião grasses.

Pastos	MO	PB	FDN	FDA	CEL	HCEL	LIGN
Pastures	OM	CP	NDF	ADF	CEL	HCEL	LIGN
Napier	91,9 <sup>a</sup>	15,4 <sup>a</sup>	76,9 <sup>a</sup>	56,20 <sup>a</sup>	47,3 <sup>a</sup>	20,7 <sup>a</sup>	7,6 <sup>a</sup>
Braquiária	92,8 <sup>a</sup>	11,9 <sup>b</sup>	76,6 <sup>a</sup>	54,0 <sup>a</sup>	46,3 <sup>a</sup>	22,6 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>
Colônião	93,7 <sup>a</sup>	14,1 <sup>ab</sup>	78,8 <sup>a</sup>	55,8 <sup>a</sup>	46,5 <sup>a</sup>	27,0 <sup>b</sup>	7,9 <sup>a</sup>

Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste t de Student ( $p < 0,05$ ). MO = Matéria orgânica, PB = Proteína bruta, FDN = Fibra em detergente neutro, FDA = Fibra em detergente ácido, CEL = Celulose, HCEL = Hemicelulose, LIGN = Lignina.

Averages in the same column followed by different letters are statistically different by Student's t-test ( $p < 0,05$ ). OM = organic matter, CP = Crude protein, NDF = Neutral detergent fiber, ADF = Acid detergent fiber, CEL = Cellulose, HCEL = Hemicellulose, LIGN = Lignin.

Observou-se que as forragens avaliadas apresentaram média de proteína bruta superior ao mínimo requerido para se manter um ambiente ruminal adequado ao desenvolvimento dos microrganismos (Van Soest, 1994) e que os animais foram capazes de selecionar as forrageiras de forma a obter dietas com teores proteicos superiores à forragem disponível. Entretanto, ao contrário do esperado, o teor de fibra das forragens ingeridas foi superior ao disponível nas pastagens, fato sem justificativa aparente.

Considerando os teores de proteína bruta, verificou-se que o material selecionado pelas vacas canuladas no esôfago apresentou 4,0; 0,6 e 3,5 pontos percentuais a mais de proteína em relação ao material disponível nas pastagens de Napier, Braquiária e Colônião, respectivamente (Tabela 1). Tais valores representam uma superioridade proteica da dieta, em relação ao fornecido de 35, 5 e 33%, respectivamente.

Essa diferença entre as gramíneas pode ser pela estrutura das forragens avaliadas, indicando que, no caso de espécies cespitosas e com colmos espessos, como as gramíneas Napier e Colônião, os animais conseguiram selecionar dietas mais nutritivas do que em espécies de porte menor e com colmos mais finos, como é o caso da Braquiária.

Observou-se, também, que a lignificação, que normalmente aumenta com o avanço da idade vegetativa das forragens, apresentou reduzida variação durante os 63 dias de experimento. Provavelmente, tal efeito foi discreto no decorrer das fases em todas as gramíneas estudadas, pois com o pastejo e renovação do dossel, a concentração média desse composto fenólico foi de 7,19% com variação máxima entre períodos de coleta de 1,48 ponto percentual.

Os resultados da digestibilidade *in vitro* da MS das gramíneas disponíveis são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das gramíneas Napier (NAP), Braquiária (BRA) e Colônião (COL) ceifadas a cada dez dias em três períodos experimentais.

**Table 3.** In vitro dry matter digestibility (IVDMD) of Napier (NAP), Brachiaria (BRA) and Colônião (COL) grasses cut every ten days in three experimental periods.

Períodos	DIVMS		
	NAP	BRA	COL
Periods	NAP	BRA	COL
I	63,8 ± 7,1 <sup>aA</sup>	62,5 ± 6,6 <sup>aA</sup>	56,8 ± 7,4 <sup>baA</sup>
II	62,6 ± 5,7 <sup>aA</sup>	64,8 ± 4,4 <sup>aA</sup>	54,8 ± 6,8 <sup>baA</sup>
III	63,8 ± 2,9 <sup>aA</sup>	64,5 ± 5,8 <sup>aA</sup>	52,7 ± 4,7 <sup>baA</sup>

Alturas de corte: 0,6; 0,5; e 0,2 m para as gramíneas Napier, Colônião e Braquiária, respectivamente. Letras minúsculas comparam gramíneas e letras maiúsculas comparam os períodos. Valores seguidos de letras distintas diferem entre si ( $p < 0,05$ ).

Cut height: 0,6; 0,5; and 0,2 m for Napier, Colônião and Brachiaria, respectively. Lowercase letters compare grass types and uppercase letters compare periods. Values followed by different letters are different ( $p < 0,05$ ).

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das gramíneas se manteve constante entre períodos ( $p > 0,05$ ), apresentando média de 64% para o NAP, 63% para a BRACH e 55% para o COL, que apresentou a menor digestibilidade *in vitro*. Tais resultados traduziram um comportamento vegetativo uniforme entre as gramíneas durante os três períodos experimentais, demonstrando ter sido adequado o ajuste da carga animal durante as fases estudadas.

Comparando-se os valores de DIVMS, observou-se que, em média, os valores nutritivos do capim Napier e da Braquiária foram 16% superiores ao valor apresentado pelo Colômbio (55% de DIVMS).

A DIVMS da extrusa obtida, por meio da cânula esofágica das vacas distribuídas nos diferentes tratamentos, é apresentada na Tabela 4.

**Tabela 4.** Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (%) as gramíneas Napier (NAP), Braquiária (BRA) e Colômbio (COL) obtidas por meio da cânula durante os períodos experimentais.

**Table 4.** *In vitro* dry matter digestibility (IVDMD) of Napier (NAP), Brachiaria (BRA) and Colômbio (COL) grasses consumed by esophageal fistulated cows in pastures of Napier, Brachiaria and Colômbio grasses.

Períodos Periods	Pastos Pastures		
	NAP NAP	BRA BRA	COL COL
I	66,0 <sup>aA</sup>	63,6 <sup>bA</sup>	61,9 <sup>bA</sup>
II	62,0 <sup>bB</sup>	62,9 <sup>bA</sup>	64,0 <sup>bA</sup>
III	62,0 <sup>bB</sup>	62,4 <sup>bA</sup>	63,7 <sup>bA</sup>

Alturas de corte: 0,6; 0,5; e 0,2 m para as gramíneas Napier, Colômbio e Braquiária, respectivamente. Letras minúsculas comparam gramíneas e letras maiúsculas comparam os períodos. Valores seguidos de letras distintas diferem entre si ( $p < 0,05$ ).

Cut height: 0.6; 0.5; and 0.2 m for Napier, Colômbio and Brachiaria, respectively. Lowercase letters compare grass types and uppercase letters compare periods. Values followed by different letters are different ( $p < 0.05$ ).

Verificou-se que, apenas no período I, a DIVMS do capim-Napier foi superior às demais; na média dos três períodos, todas gramíneas apresentaram digestibilidade de 63%.

Os valores da DIVMS do COL dos materiais obtidos via cânula esofágica foram superiores àqueles obtidos das amostras colhidas manualmente (Tabela 3). Em média, os animais selecionaram dietas com digestibilidade *in vitro* nove pontos percentuais superiores à dieta ceifada (64 vs 55%), evidenciando que a disponibilidade de folhas foi suficiente para permitir maior seleção no capim-Colômbio.

Segundo o AFRC (1993), a digestibilidade *in vitro* da matéria seca de forragens tropicais está em torno de 60%, o que coincide com a média dos resultados obtidos (63%). Todavia, deve-se ressaltar que maiores DIVMS podem ser conseguidas com o aumento na disponibilidade de MS, em função da maior quantidade de folhas disponíveis para seleção.

As taxas de desaparecimento da MS, PB, FDN,

FDA, CEL e HCEL das gramíneas incubadas em sacos de náilon nos três horários, bem como os correspondentes parâmetros de degradabilidade *in situ* daquelas frações, são apresentadas nas Tabelas 5 a 10.

**Tabela 5.** Desaparecimento (%) em diferentes tempos de incubação ruminal e parâmetros de degradação da matéria seca das gramíneas Napier (NAP), Braquiária (BRA) e Colômbio (COL), obtidos da extrusa de vacas canuladas.

**Table 5.** Dry matter degradability (%) of Napier (NAP), Brachiaria (BRA) and Colômbio (COL) grasses in distinct incubation times and ruminal parameters of pastures consumed by esophageal fistulated cows.

Tempos de incubação (h) Incubation time (h)	Gramíneas Pastures		
	NAP NAP	BRA BRA	COL COL
0	12,1	11,1	5,9
6	22,4	16,9	13,7
24	58,3	51,9	43,5
96	74,7	75,2	70,1
Parâmetros de degradação ruminal Ruminal degradation parameters			
A (%)	74,9	75,8	71,6
B (%)	77,0	79,5	73,6
B <sub>1</sub> (%)	62,8	64,7	65,7
c (% h <sup>-1</sup> )	6,4	5,0	4,0
S (%)	12,1	11,1	5,9
R <sup>2</sup> (%)	99,8	99,9	99,9
DE (2% h <sup>-1</sup> )	59,9	57,3	49,7
DE (5% h <sup>-1</sup> )	47,3	43,5	35,1

A = Degradação potencial; B = sem valor biológico (ajuste matemático do modelo  $p = A - B * e^{-ct}$ ); B<sub>1</sub> = fração não-solúvel potencialmente degradável (determinado por A-S); S = fração solúvel no tempo zero; c = taxa de degradação de B<sub>1</sub>; DE = degradabilidade efetiva em taxas de passagem de 2 e 5% h<sup>-1</sup>.

A = Potential degradability; B = no biological value (mathematical adjustment for model:  $p = A - B * e^{-ct}$ ); B<sub>1</sub> = insoluble potentially degradable fraction (determined by A-S); S = Soluble fraction at zero time; c = Degradability rate of B<sub>1</sub>; DE = Effective degradability for 2 and 5% hour<sup>-1</sup> passage rates.

**Tabela 6.** Desaparecimento (%) em diferentes tempos de incubação ruminal e parâmetros de degradação da proteína bruta das gramíneas Napier (NAP), Braquiária (BRA) e Colômbio (COL) obtidos da extrusa de vacas canuladas.

**Table 6.** Crude protein degradability (%) of Napier (NAP), Brachiaria (BRA) and Colômbio (COL) grasses in distinct incubation times and ruminal parameters of pastures consumed by esophageal fistulated cows.

Tempos de incubação (h) Incubation time (h)	Gramíneas Pastures		
	NAP NAP	BRA BRA	COL COL
0	15,3	14,9	8,8
6	31,2	24,4	18,6
24	55,7	46,6	38,3
96	76,3	73,9	73,8
Parâmetros de degradação ruminal Ruminal degradation parameters			
A (%)	77,3	77,5	79,7
B (%)	59,4	63,5	71,4
B <sub>1</sub> (%)	62,0	62,6	70,8
c (% h <sup>-1</sup> )	4,2	3,0	2,6
S (%)	15,3	14,9	8,9
R <sup>2</sup> (%)	99,4	99,5	99,7
DE (2% h <sup>-1</sup> )	57,3	52,5	48,9
DE (5% h <sup>-1</sup> )	43,6	38,4	33,1

A = Degradação potencial; B = sem valor biológico (ajuste matemático do modelo  $p = A - B * e^{-ct}$ ); B<sub>1</sub> = fração não-solúvel potencialmente degradável (determinado por A-S); S = fração solúvel no tempo zero; c = taxa de degradação de B<sub>1</sub>; DE = degradabilidade efetiva em taxas de passagem de 2 e 5% h<sup>-1</sup>.

A = Potential degradability; B = no biological value (mathematical adjust for model:  $p = A - B * e^{-ct}$ ); B<sub>1</sub> = insoluble potentially degradable fraction (determined by A-S); S = Soluble fraction at zero time; c = Degradability rate of B<sub>1</sub>; DE = Effective degradability for 2 and 5% hour<sup>-1</sup> passage rates.

**Tabela 7.** Desaparecimento (%) em diferentes tempos de incubação ruminal e parâmetros de degradação da fibra em detergente neutro das gramíneas Napier (NAP), Braquiária (BRA) e Colônião (COL) obtidos da extrusa de vacas canaladas.

**Table 7.** Neutral detergent fiber degradability (%) of Napier (NAP), Brachiaria (BRA) and Colônião (COL) grasses in distinct incubation times and ruminal parameters of pastures consumed by esophageal fistulated cows.

Tempos de incubação (h) Incubation time (h)	Gramíneas Pastures		
	NAP NAP	BRA BRA	COL COL
0	4,9	5,7	5,8
6	34,0	29,2	22,7
24	66,6	59,7	48,6
96	81,9	80,6	74,0
Parâmetros de degradação ruminal Ruminal degradation parameters			
A (%)	82,1	81,2	75,9
B (%)	70,2	69,8	66,4
B <sub>1</sub> (%)	77,2	75,5	70,1
c (% h <sup>-1</sup> )	6,3	4,9	3,7
S (%)	4,9	5,7	5,8
R <sup>2</sup> (%)	99,9	100,0	99,8
DE (2% h <sup>-1</sup> )	63,5	59,3	51,3
DE (5% h <sup>-1</sup> )	48,0	43,0	35,6

A = Degradação potencial; B = sem valor biológico (ajuste matemático do modelo  $p = A - B * e^{-ct}$ ); B<sub>1</sub> = fração não-solúvel potencialmente degradável (determinado por A-S); S = fração solúvel no tempo zero; c = taxa de degradação de B; DE = degradabilidade efetiva em taxas de passagem de 2 e 5% h<sup>-1</sup>.

A = Potential degradability; B = no biological value (mathematical adjust for model:  $p = A - B * e^{-ct}$ ); B<sub>1</sub> = insoluble potentially degradable fraction (determined by A-S); S = Soluble fraction at zero time; c = Degradability rate of B; DE = Effective degradability for 2 and 5% hour<sup>-1</sup> passage rates.

**Tabela 8.** Desaparecimento (%) em diferentes tempos de incubação ruminal e parâmetros de degradação da fibra em detergente ácido das gramíneas Napier (NAP), Braquiária (BRA) e Colônião (COL), obtidos da extrusa de vacas canaladas.

**Table 8.** Acid detergent fiber degradability (%) of Napier (NAP), Brachiaria (BRA) and Colônião (COL) grasses in distinct incubation times and ruminal parameters of pastures consumed by esophageal fistulated cows.

Tempos de incubação (h) Incubation time (h)	Gramíneas Pastures		
	NAP NAP	BRA BRA	COL COL
0	6,6	6,8	6,2
6	40,2	30,1	29,2
24	66,4	56,8	43,9
96	82,0	80,7	68,0
Parâmetros de degradação ruminal Ruminal degradation parameters			
A (%)	82,3	82,1	74,2
B (%)	58,3	66,2	51,3
B <sub>1</sub> (%)	75,7	75,3	68,0
c (% h <sup>-1</sup> )	5,4	4,0	2,2
S (%)	6,6	6,8	6,2
R <sup>2</sup> (%)	99,8	99,8	97,4
DE (2% h <sup>-1</sup> )	61,8	57,0	41,8
DE (5% h <sup>-1</sup> )	45,9	40,3	27,0

A = Degradação potencial; B = sem valor biológico (ajuste matemático do modelo  $p = A - B * e^{-ct}$ ); B<sub>1</sub> = fração não-solúvel potencialmente degradável (determinado por A-S); S = fração solúvel no tempo zero; c = taxa de degradação de B; DE = degradabilidade efetiva em taxas de passagem de 2 e 5% h<sup>-1</sup>.

A = Potential degradability; B = no biological value (mathematical adjust for model:  $p = A - B * e^{-ct}$ ); B<sub>1</sub> = insoluble potentially degradable fraction (determined by A-S); S = Soluble fraction at zero time; c = Degradability rate of B; DE = Effective degradability for 2 and 5% hour<sup>-1</sup> passage rates.

Os parâmetros mais diretamente relacionados com a utilização dos alimentos, tais como degradabilidade potencial (A), taxa de degradação (c) e degradabilidade efetiva (DE), mostraram-se semelhantes nas diferentes gramíneas, particularmente a degradabilidade potencial.

Nesse parâmetro, a equivalência dos resultados de desaparecimento às 96h de incubação reflete a extensão do potencial de degradação das forrageiras, que foi alto. O capim-Colônião, em todas frações, apresentou menores taxas de degradação.

**Tabela 9.** Desaparecimento (%) em diferentes tempos de incubação ruminal e parâmetros de degradação da celulose das gramíneas Napier (NAP), Braquiária (BRA) e Colônião (COL) obtidos da extrusa de vacas canaladas.

**Table 9.** Cellulose degradability (%) of Napier (NAP), Brachiaria (BRA) and Colônião (COL) grasses in distinct incubation times and ruminal parameters of pastures consumed by esophageal fistulated cows.

Tempos de incubação (h) Incubation time (h)	Gramíneas Pastures		
	NAP NAP	BRA BRA	COL COL
0	4,3	11,9	4,7
6	40,7	31,1	29,5
24	66,2	56,1	47,5
96	81,8	80,6	74,1
Parâmetros de degradação ruminal Ruminal degradation parameters			
A (%)	82,2	82,5	79,3
B (%)	57,1	64,2	57,9
B <sub>1</sub> (%)	77,9	70,6	74,6
c (% h <sup>-1</sup> )	5,3	3,7	2,5
S (%)	4,3	11,9	4,7
R <sup>2</sup> (%)	99,8	99,8	99,8
DE (2% h <sup>-1</sup> )	60,9	57,7	46,1
DE (5% h <sup>-1</sup> )	44,4	41,9	29,5

A = Degradação potencial; B = sem valor biológico (ajuste matemático do modelo  $p = A - B * e^{-ct}$ ); B<sub>1</sub> = fração não-solúvel potencialmente degradável (determinado por A-S); S = fração solúvel no tempo zero; c = taxa de degradação de B; DE = degradabilidade efetiva em taxas de passagem de 2 e 5% h<sup>-1</sup>.

A = Potential degradability; B = no biological value (mathematical adjust for model:  $p = A - B * e^{-ct}$ ); B<sub>1</sub> = insoluble potentially degradable fraction (determined by A-S); S = Soluble fraction at zero time; c = Degradability rate of B; DE = Effective degradability for 2 and 5% hour<sup>-1</sup> passage rates.

**Tabela 10.** Desaparecimento (%) em diferentes tempos de incubação ruminal e parâmetros de degradação da hemicelulose das gramíneas Napier (NAP), Braquiária (BRA) e Colônião (COL) obtidos da extrusa de vacas canaladas.

**Table 10.** Hemicellulose degradability (%) of Napier (NAP), Brachiaria (BRA) and Colônião (COL) grasses in distinct incubation times and ruminal parameters of pastures consumed by esophageal fistulated cows.

Tempos de incubação (h) Incubation time (h)	Gramíneas Pastures		
	NAP NAP	BRA BRA	COL COL
0	10,4	6,6	4,6
6	26,4	28,6	17,6
24	66,2	61,9	52,8
96	81,8	80,7	73,7
Parâmetros de degradação ruminal Ruminal degradation parameters			
A (%)	81,9	81,1	74,1
B (%)	84,5	73,5	78,2
B <sub>1</sub> (%)	71,6	74,5	69,5
c (% h <sup>-1</sup> )	7,0	5,6	5,4
S (%)	10,4	6,6	4,6
R <sup>2</sup> (%)	99,8	99,9	99,6
DE (2% h <sup>-1</sup> )	66,0	61,5	55,3
DE (5% h <sup>-1</sup> )	52,1	45,9	40,7

A = Degradação potencial; B = sem valor biológico (ajuste matemático do modelo  $p = A - B * e^{-ct}$ ); B<sub>1</sub> = fração não-solúvel potencialmente degradável (determinado por A-S); S = fração solúvel no tempo zero; c = taxa de degradação de B; DE = degradabilidade efetiva em taxas de passagem de 2 e 5% h<sup>-1</sup>.

A = Potential degradability; B = no biological value (mathematical adjust for model:  $p = A - B * e^{-ct}$ ); B<sub>1</sub> = insoluble potentially degradable fraction (determined by A-S); S = Soluble fraction at zero time; c = Degradability rate of B; DE = Effective degradability for 2 and 5% hour<sup>-1</sup> passage rates.

O COL apresentou menor solubilidade no tempo zero (5,9%) em relação às demais forrageiras, 12,1 e 11,1%, para NAP e BRACH, respectivamente. Contudo, essa diferença inicial, que variou de 5 a 6 pontos percentuais, foi reduzida no tempo de 96h, que apresentou variação máxima de desaparecimento da MS de 4,2 pontos percentuais. Tais valores foram semelhantes aos potenciais de degradação (A), não havendo grandes diferenças entre as forrageiras estudadas.

Apesar da semelhança entre as gramíneas nos valores de B<sub>1</sub>, que representa a fração não-solúvel potencialmente degradável, verificou-se que as taxas de degradação das forrageiras (c) resultaram em diferenças marcantes nas degradabilidades efetivas. A diferença observada entre o NAP e o COL foi de 10,2 pontos percentuais (59,9 vs 49,7) para a taxa de passagem de 2% h<sup>-1</sup>, passando para 12,2% para a taxa de 5% h<sup>-1</sup>, o que pode resultar em significativas diferenças no desempenho de animais alimentados com essas gramíneas.

Associando os valores da Tabela 5 com as degradabilidades efetivas do capim-Colônião cortado a intervalos de 21, 42 e 63 dias, reportados por Rodrigues *et al.* (2004), verificou-se maior similaridade entre os dados do presente experimento com a forragem cortada aos 21 dias que apresentou valores de 51,8 e 38,3% para as taxas de passagem de 2 e 5% h<sup>-1</sup>, respectivamente. Tal analogia sugere que a carga animal adotada, no presente experimento, foi suficiente para garantir uma renovação de folhas de forma a garantir um suprimento adequado de nutrientes para os animais. Igualmente, os dados de PB corroboram essa informação, uma vez que a proteína do capim-Colônião decresceu de 12,1 para 9,8% e 6,9% com o avançar da idade de 21 dias para 42 e 63, respectivamente (Rodrigues *et al.*, 2004).

Seguindo o mesmo padrão da matéria seca, a proteína bruta do COL apresentou solubilidade 59% inferior às demais gramíneas, sendo o potencial de degradação similar entre as forrageiras (Tabela 6).

Observou-se que as frações B1 da PB foram semelhantes nas gramíneas NAP e BRACH, 62 e 63%, respectivamente, contudo, o COL apresentou percentual mais elevado, 71%. Apesar do maior potencial de degradação do COL, essa gramínea apresentou menores valores de degradabilidade efetiva em relação ao NAP e à BRACH, fato decorrente da menor solubilidade e taxa de degradação da PB do COL relativas às do NAP e da BRACH. Superioridade de 61% foi observada para a taxa de degradação da PB do NAP em relação ao COL evidenciando que, apesar de se tratar de plantas de crescimento semelhante, provavelmente a

distribuição da proteína na planta seja diferente entre essas espécies. Tal fato fica evidente ao compararem-se as frações A, B1 e C das plantas supracitadas (Tabela 6).

Ao se avaliar a degradabilidade efetiva da proteína bruta das gramíneas para a taxa de passagem de 5% h<sup>-1</sup> (Tabela 6), verificou-se que apenas 43,6; 38,4 e 33,1% da proteína bruta seriam efetivamente degradados no rúmen para as forragens NAP, BRACH e COL, respectivamente. Tais valores evidenciam a importância da inclusão da disponibilidade proteica ruminal nos procedimentos de formulação de rações para animais mantidos em pastagens, pois caso apenas os valores de PB das forragens sejam considerados, os resultados esperados podem ficar comprometidos.

Verificou-se que, para as 24h de incubação ruminal, o desaparecimento da FDN (Tabela 7) e da FDA (Tabela 8) foi superior ao observado para a PB (Tabela 6). Tal fato evidencia que, para as forragens estudadas, provavelmente o conteúdo proteico esteja intensamente associado aos tecidos mais lignificados ou possua uma estrutura de difícil ruptura pelos microrganismos do rúmen.

O desaparecimento da FDN às 96h de incubação das forragens NAP e BRACH foi semelhante (82 e 81%), porém superior ao do COL (74%). Tal fato pode ser pelas menores taxas de degradação e fração insolúvel potencialmente degradável da FDN desta gramínea em relação àquelas, pois a solubilidade da FDN foi numericamente próxima entre os materiais avaliados.

A fração insolúvel potencialmente degradável (B1) da FDN do NAP e da BRACH apresentaram valores semelhantes, sendo o valor do NAP 10% superior ao observado para o COL. Além dessa diferença, em relação ao NAP, as taxas de degradação de B1 da BRACH e do COL foram 22 e 41% inferiores, respectivamente. Essas diferenças refletiram em menores degradabilidades efetivas o que pode influenciar o desempenho animal, uma vez que a taxa de enchimento ruminal inibe a ingestão de alimentos (Forbes, 2003).

As frações solúveis da FDA foram similares em todas gramíneas, apresentando valores próximos a 6% (Tabela 8). Tais valores, provavelmente, resultaram da perda de material pelos poros dos saquinhos, uma vez que a solubilidade da FDA é praticamente zero.

Verificou-se que o desaparecimento da FDN e da FDA às 96 h de incubação (Tabelas 7 e 8) foi semelhante entre o NAP e a BRACH. Entretanto, para o COL, a FDA apresentou desaparecimento 6 pontos percentuais mais baixos do que a FDN. Isso

demonstrou a existência de diferenças estruturais entre as plantas estudadas, podendo ser a distribuição da lignina um dos principais fatores responsáveis por tal diferença (Wilson e Hattersley, 1983).

Seguindo o mesmo padrão reportado para a FDN (Tabela 7), a fração insolúvel potencialmente degradável (B1) do NAP e da BRACH foi semelhante e 10% superior à do COL. Entretanto, as diferenças entre as taxas de degradação da FDA das gramíneas foram superiores às observadas para a FDN. Em relação ao COL, as taxas de degradação de B1 do NAP e da BRACH foram 245 e 182% superiores, respectivamente.

As grandes discrepâncias entre os parâmetros de degradação (A, B1 e c) resultaram em degradabilidade efetiva da FDA do COL 41% inferior a do NAP e 33% inferior à da BRACH. Tal fato pode prejudicar o desempenho de animais criados a pasto, uma vez que a digestibilidade da FDN e da FDA limita o consumo das forrageiras (Forbes, 2003).

No tempo zero, a BRACH apresentou maior solubilidade da celulose (11,9%) em relação ao NAP e ao COL, que tiveram valores similares 4,5% (Tabela 10). Apesar de a BRACH ter apresentado valor de solubilidade da celulose 2,8 vezes superior ao NAP, às 96h de incubação essas gramíneas apresentaram valores similares de desaparecimento daquele composto. Situação semelhante foi observada para as degradabilidades efetivas que apresentaram diferença máxima de 3,1 pontos percentuais. Tal fato é resultante da maior taxa de degradação da celulose do capim NAP em relação à BRACH (5,3 vs 3,7% h<sup>-1</sup>).

Os potenciais de degradação da celulose das gramíneas estudadas foram semelhantes, sendo observada variação máxima de 3 pontos percentuais. Já a fração B1 apresentou comportamento distinto do observado para a MS, PB FDN e FDA, pois no caso da celulose, o capim COL apresentou valor superior à BRACH. Entretanto, pela maior taxa de degradação desta forrageira em relação àquela, as degradabilidades efetivas da celulose da BRACH foram superiores às do COL para todas taxas de passagem.

Observou-se que os valores de desaparecimento máximo (96h) da hemicelulose (Tabela 10) e da celulose (Tabela 9) foram semelhantes.

Ao se compararem as Tabelas 9 e 10, verificou-se que a degradabilidade potencial da CEL foi ligeiramente superior à da HCEL para todas gramíneas, entretanto, a grande superioridade das taxas de degradação da HCEL, 47% em média, resultou em maiores degradabilidades efetivas desse

composto em relação à CEL. Esse comportamento evidencia a importância de sempre avaliar os dados de cinética de degradação dos alimentos de uma forma conjunta, pois a observação de parâmetros isolados pode levar a conclusões errôneas sobre o valor nutricional das forragens.

Possivelmente, a maior degradabilidade efetiva da CEL e HCEL apresentada pelo NAP em relação ao COL e à BRACH, possa ser explicada pela maior relação folha:haste apresentada por aquela gramínea.

## Conclusão

A oferta de forragem estudada permitiu aos bovinos seleção dos alimentos de forma a obter dietas com valores nutritivos superiores aos disponíveis nas pastagens.

Para o sistema de pastejo contínuo com carga animal variável, a gramínea Napier mostrou-se mais digestível, seguida pela Braquiária e pelo Colômbio, que apresentou os menores parâmetros de degradação ruminal.

## Referências

- AFRC-Agricultural and Food Research Council. *Energy and protein requirements of ruminants*. Wallingford: CAB International, 1993.
- AOAC-Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*. 13. ed. Washington, D.C., 1980.
- FORBES, J.M. The multifactorial nature of food intake control. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v. 81, suppl. 2, p. 139-144, 2003.
- ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.*, Cambridge, v. 92, n. 2, p. 499-503, 1979.
- RODRIGUES, A.L.P. *et al.* Degradabilidade *in situ* da matéria seca de forrageiras tropicais obtidas em diferentes épocas de corte. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, Belo Horizonte, v. 56, n. 5, p. 658-664, 2004.
- SAMPAIO, I.B.M. *Experimental designs and modeling techniques in the study of roughage degradation in rumen and growth of ruminants*. 1988. Thesis (PhD in Applied Statistics)—University of Reading, Reading, 1988.
- SAMPAIO, I.B.M. Seleção dos pontos experimentais de colheita de material para o estudo da degradação da matéria seca no rúmen. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, Campinas. *Anais...* Piracicaba: Fealq, 1990, p. 13.
- SAS Institute. *SAS system for windows: version 8.0*. Cary: SAS Institute, 1999.
- SAMPAIO, I.B.M. Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forragens quando avaliada *in situ*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 31., 1994, Maringá. *Anais...* Maringá: SBZ, 1994. p. 81-88.

SILVA, A.G.M. *Influência da soja crua e da qualidade do feno sobre a degradabilidade in situ e a dinâmica ruminal de fenos de Tifton 85*. 2003. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)– Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the in vitro digestibility of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.*, Aberystwyth, v. 18, n. 2, p. 104-111, 1963.

VAN SOEST, P.J. *et al.* Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

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

WILSON, J.R.; HATTERSLEY, P.W. “In vitro” digestion of bundle sheath cells in rumen fluid and its relation to the suberized lamella and C4 photosynthetic type in Pannicum species. *Grass Forage Sci.*, Oxford, v. 38, n. 3, p. 219-223, 1983.

*Received on November 30, 2006.*

*Accepted on March 19, 2008.*