

# Caracterização químico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca

Elisa Cristina Modesto<sup>1</sup>, Geraldo Tadeu dos Santos<sup>2\*</sup>, Duarte Vilela<sup>3</sup>, Daniele Cristina da Silva<sup>2</sup>, Josiane Oliveira Faustino<sup>4</sup>, Clóves Cabreira Jobim<sup>2</sup>, Edenio Detmann<sup>5</sup>, Maximiliane Alavarse Zambom<sup>2</sup> e Jair de Araújo Marques<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil. <sup>2</sup>Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. <sup>3</sup>Embrapa Gado de Leite CNPGL, Coronel Pacheco, Minas Gerais, Brasil. <sup>4</sup>Zootecnista. <sup>5</sup>Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. \*Autor para correspondência. e-mail: gtsantos@uem.br

**RESUMO.** Com o objetivo de caracterizar a silagem da rama de mandioca, foram coletadas amostras em oito períodos diferentes de acordo com a utilização dos silos, sendo analisada a composição químico-bromatológica, quantificando as frações de compostos nitrogenados e carboidratos, e estimando parâmetros da cinética digestiva de carboidratos por intermédio da técnica *in vitro* de produção de gás e ainda estimaram-se os nutrientes digestíveis totais. As estimativas obtidas foram expressas por intermédio de estatísticas descritivas. Os valores médios encontrados para a matéria seca (MS) foram de 25,2%, matéria orgânica de 92,6% de MS, proteína bruta de 19,5% de MS, extrato etéreo de 4,3% de MS, fibra em detergente neutro de 50,8% de MS, fibra em detergente ácido de 40,9% de MS, carboidratos não-fibrosos de 21,5% de MS, carboidratos totais de 68,9% de MS, cálcio de 0,88% e fósforo de 0,22%. Ocorreram variações na composição química da silagem de rama de mandioca.

**Palavras-chave:** energia metabolizável, frações de proteína, frações de carboidrato.

**ABSTRACT. Chemical-bromatologic composition of the superior third of cassava foliage silage.** Aiming to characterize the cassava foliage silage, samples were collected in eight different periods according to their silage use. They were analyzed by chemical composition, quantifying fractions of nitrogen and carbohydrates compositions, and estimating parameters of the digestive kinetics of carbohydrates, through *in vitro* technique of gas production. The total digestible nutrients were also considered. The obtained data were described statistically. The average values found for dry matter (DM) were 25.2%, organic matter 92.6% DM, crude protein 19.5 DM, ether extract 4.3% DM, neutral detergent fiber 50.8% DM, acid detergent fiber 40.9% DM, non fibrous carbohydrate 21.5% DM, total carbohydrate 68.9% DM, calcium 0.88% and phosphorus 0.22%. Results showed that the superior third of cassava foliage silage varied in chemical composition.

**Key words:** metabolizing energy, protein fractions, carbohydrates fractions.

## Introdução

A cultura da mandioca foi estabelecida nos países tropicais há mais de 200 anos e, por ser um alimento com alto valor energético, pode ser aproveitado tanto na alimentação humana, quanto na de animais. No Brasil, a cultura é explorada em toda extensão territorial do país, devido a sua rusticidade, concentrando-se mais intensamente nos Estados do Paraná, Pará, Bahia e Maranhão. O Paraná vem assumindo importante destaque em relação aos demais Estados, tendo passado do 8º lugar, nos últimos anos, para o 2º lugar (Groxko, 1998).

A parte aérea da mandioca é considerada como aproveitável para alimentação animal e/ou humana, sendo que o terço superior, ou seja, a parte mais enfolhada, é conseqüentemente, mais rica do ponto de

vista nutricional, tendo alta produtividade (Carvalho e Kato, 1987). A parte aérea da mandioca é sistematicamente perdida no campo, durante a colheita das raízes (Euclides *et al.*, 1988), podendo contribuir como boa fonte de volumoso na alimentação de bovinos, notadamente, na época da seca (Normanha, 1962, Santos *et al.*, 2001).

As folhas do terço superior da mandioca apresentam elevados teores protéicos e teores de fibra inferiores aos de várias forragens tropicais. Nesse contexto, um estudo comparativo do feno da parte aérea da mandioca com o feno da alfafa concluiu ser a parte aérea da mandioca nutricionalmente superior, por apresentar menores teores de fibra e maiores teores de carboidratos não-fibrosos e gorduras, resultando em melhores desempenhos, quando

fornecido a novilhos (Carvalho e Kato, 1987).

Por ser um resíduo de alto potencial na utilização alimentar dos animais, torna-se importante a caracterização bromatológica da silagem de rama de mandioca, predispondo a previsão de respostas produtivas dos animais, impostas e contabilizadas o mais acuradamente. Assim sendo, torna-se de fundamental importância avaliar resíduos com potencial para a alimentação dos animais, com o intuito de se obter dados em relação às frações de proteína bruta e de carboidratos totais, caracterizando, paralelamente, os parâmetros da cinética digestiva.

A determinação do valor nutricional dos alimentos envolve estudos que avalizam, conjuntamente, o consumo, a digestibilidade e os parâmetros do metabolismo animal. A avaliação da digestibilidade torna-se alvo principal de estudos que buscam determinar as características inerentes ao alimento (Detmann, 2002).

A avaliação dos parâmetros digestivos dos alimentos pode ser realizada por meio de métodos *in vitro*, os quais são rápidos e apresentam uniformidade físico-química do micro-ambiente de fermentação ao qual os alimentos são submetidos (Malafaia, 1997). Dessa forma, apresentam-se como alternativa para a avaliação de parâmetros digestivos as técnicas *in vitro* com enfoque metabólico, as quais, ao contrário das técnicas gravimétricas, priorizam os produtos da fermentação em detrimento ao substrato residual.

Nesse contexto, a mensuração dos gases oriundos da fermentação microbiana permite a estimação de parâmetros da cinética digestiva ruminal dos carboidratos, tanto fibrosos como não-fibrosos (Schofield *et al.*, 1994; Schofield e Pell, 1995), sendo que a degradação anaeróbia microbiana desses componentes produz, primariamente, dióxido de carbono, metano e ácidos graxos voláteis (Schofield e Pell, 1995) e estes se concentram no meio de forma diretamente proporcional ao desaparecimento do substrato (Schofield *et al.*, 1994).

O valor energético de um alimento não depende apenas das quantidades dos diversos nutrientes em sua composição, mas sobretudo das frações desses nutrientes que o animal pode digerir e utilizar. Os nutrientes digestíveis totais (NDT) representam uma das medidas mais comuns do conteúdo energético dos alimentos, em função de sua praticidade em procedimentos de avaliação de alimentos e cálculo de dietas para os animais. O uso da energia para vacas leiteiras depende da extensão da fermentação microbiana, a qual ocorre no rúmen. A extensão e o tipo de fermentação determinam a natureza e a quantidade dos vários metabólitos que são absorvidos no trato digestório, e estes metabólitos, afetam a eficiência da produção de leite e também influenciam o caminho energético utilizado (NRC, 1988). Desta forma, é importante que se caracterize energeticamente a silagem do terço superior de rama

de mandioca, pois os dados sobre esse alimento são escassos.

O sistema Cornell (Cncps) apresenta equações que estimam as taxas de fermentação e de passagens de proteína e carboidratos pelo trato digestório, tornando-se uma ferramenta de grande importância para cálculos e balanceamento de rações (Russell *et al.*, 1992). Trata-se de um sistema que considera a dinâmica da fermentação ruminal e a perda potencial de nitrogênio, como amônia, na avaliação dos alimentos (Sniffen *et al.*, 1992). O Cncps classifica as proteínas e os carboidratos de acordo com sua biodisponibilidade e taxa de degradação.

As proteínas são classificadas em fração solúvel (A = nitrogênio não-protéico), fração de rápida degradação ruminal (B<sub>1</sub> = peptídios e oligopeptídios), de degradação intermediária (B<sub>2</sub> = proteína verdadeira), fração de lenta degradação ruminal (B<sub>3</sub> = proteína associada à parede celular potencialmente disponível no rúmen) e fração indigestível (C = proteína insolúvel em detergente ácido) (Sniffen *et al.*, 1992). Da mesma forma, os carboidratos são classificados em frações A (açúcares simples) e B<sub>1</sub> (amido e pectina), rapidamente degradável, fração B<sub>2</sub> (carboidratos fibrosos potencialmente degradáveis) e fração C (carboidratos fibrosos não-degradáveis).

Segundo Van Soest (1994), os constituintes químicos e as taxas de degradação dos alimentos produzidos em condições tropicais diferem grandemente daqueles produzidos em regiões de clima temperado.

O objetivo deste estudo foi caracterizar a silagem do terço superior de rama de mandioca, analisando a composição químico-bromatológica, quantificando as frações de compostos nitrogenados e carboidratos, e estimando parâmetros da cinética digestiva de carboidratos por intermédio da técnica *in vitro* de produção de gás.

## Material e métodos

O presente experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi e nos Laboratórios de Análises de Alimentos e Nutrição Animal e Laboratório de Metabolismo Animal e Digestibilidade *in vitro* do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Estado do Paraná, e da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Estado de Minas Gerais.

A rama de mandioca cultivar Fibra, com 12 meses de idade, foi coletada na região Noroeste do Paraná e transportada para a Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), onde foi ensilada. O material coletado no campo foi transportado à FEI e empregado integralmente na confecção de 2 silos trincheira, no período de março a abril de 2000, sendo a silagem produzida utilizada entre novembro de 2000 e agosto de 2001. A rama de mandioca foi colocada inteira nos

silos trincheira, com capacidade para 40 toneladas cada um, e compactada com trator com capacidade para 3 toneladas.

Para a caracterização da silagem da rama de mandioca, foram coletadas amostras em 8 períodos diferentes de acordo com a utilização dos silos. Após a coleta, o material foi acondicionado em sacos de plástico e congelado para posterior análise. No processamento, as amostras foram colocadas em bandejas de alumínio e submetidas à secagem em estufa de circulação forçada a 55°C por 72 horas e, posteriormente, moídas em moinho com peneira com crivo de 1mm, sendo então submetidas à análise para avaliação de seu teores em matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e lignina, segundo as recomendações de Silva (1990); fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), conforme Van Soest *et al.* (1991); e tanino, conforme Glasl (1983).

Os procedimentos empregados para o fracionamento da proteína bruta seguiram as recomendações de Licitra *et al.* (1996). A fração A foi obtida pelo tratamento da amostra com 50mL de água destilada por 30 minutos e pela adição subsequente de 10mL de ácido tricloroacético a 10% por mais 30 minutos. Em seguida, filtrou-se a amostra em cadinho de vidro, colocando-se este por uma noite em estufa a 105°C. No dia seguinte, o cadinho foi pesado, sendo determinado o nitrogênio no material residual. Pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio residual, foi obtida a fração A.

O nitrogênio solúvel foi obtido incubando-se a amostra em 50mL de tampão borato-fosfato e 1mL de solução de azida sódica (10%). Após 3 horas, a amostra foi filtrada em cadinho de vidro, determinando-se o nitrogênio residual. O nitrogênio solúvel total foi obtido pela diferença entre o nitrogênio total menos o nitrogênio residual, tratado em tampão borato-fosfato. A fração B<sub>1</sub> foi determinada pela diferença entre o nitrogênio solúvel total menos o nitrogênio não-proteico (Sniffen *et al.*, 1992).

A fração B<sub>2</sub> foi determinada pela diferença entre a fração insolúvel em tampão borato-fosfato e a fração nitrogenada insolúvel em detergente neutro (NIDN) (Sniffen *et al.*, 1992). A fração B<sub>3</sub> foi determinada pela diferença entre o NIDN e o nitrogênio insolúvel de detergente ácido (NIDA), sendo esta última considerada como a fração nitrogenada indisponível (c) (Van Soest *et al.*, 1991). Para a expressão das frações em termos protéicos, empregou-se o fator multiplicativo 6,25.

Os teores e as frações dos carboidratos foram determinados segundo as equações (Sniffen *et al.*, 1992).

$$CT(g/kgMS) = 1000 - (PB + EE + Cinzas)$$

$$CNF(g/kgMS) = MO - (PB + EE + FDNcp)$$

$$\text{Fração C (g/kg MS)} = 2,4 * \text{Lig}_{(g/kgMS)}$$

$$\text{Fração B}_2 (g/kg MS) = FDNcp_{(g/kgMS)} - \text{Fração C}_{(g/kgMS)}$$

em que: CT= carboidratos totais, CNF = carboidratos não-fibrosos (considerados equivalentes às frações A e B<sub>1</sub>); FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; e Lig = lignina.

Para o procedimento de estimação da produção cumulativa de gases, tomou-se alíquotas em duplicatas de aproximadamente 100mg, acondicionadas em frascos de vidro com 50mL em volume total, aos quais adicionou-se, imediatamente, 8mL de solução tampão de McDougall (McDougall, 1949) com pH previamente ajustado em 6,8 por meio de aspersão com CO<sub>2</sub> por aproximadamente 20 minutos. Os frascos foram então acondicionados em sala climatizada (39°C) por, aproximadamente, 30 minutos, tempo necessário para a estabilização da temperatura e hidratação das amostras. Durante esse processo, procedeu-se à coleta de líquido ruminal, tomado de um novilho mestiço fistulado no rúmen e alimentado com feno de *Brachiaria brizantha* e concentrado na proporção de 70:30, respectivamente. O líquido, após filtragem em camada tríplice de gaze, foi acondicionado em recipiente térmico e imediatamente conduzido ao local de incubação.

Aos frascos que continham as amostras e a solução tampão adicionou-se 2mL do inóculo ruminal, procedendo-se imediatamente à vedação com tampas de borracha e lacres de alumínio, sendo então depositados sobre mesa com agitação orbital.

As leituras foram realizadas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 24, 27, 30, 33, 36, 48, 56, 60, 72, 96 e 120 horas após o início da incubação, empregando-se uma agulha de seringa acoplada a um transdutor eletrônico ligado diretamente a um multímetro. Nesse procedimento, a pressão ao interior dos frascos, formada pelo acúmulo de gases, foi medida, com o auxílio do transdutor, em unidades elétricas (mV), as quais foram posteriormente convertidas em volume de gás (mL) por intermédio do procedimento descrito por Pell e Schofield (1993). Os volumes obtidos nos intervalos de leitura descritos acima foram adicionados seqüencialmente de forma a obter-se, em determinado tempo, a produção acumulada de gases.

As curvas obtidas submeteu-se, por intermédio do procedimento iterativo de Gauss-Newton (Souza, 1998), o ajuste do modelo logístico bi-compartimental descrito por Schofield *et al.* (1994):

$$Vt = Vf_1 \left\{ 1 + \exp \left[ 2 + 4 \frac{\mu m_1}{Vf_1} (L - t) \right] \right\}^{-1} + Vf_2 \left\{ 1 + \exp \left[ 2 + 4 \frac{\mu m_2}{Vf_2} (L - t) \right] \right\}^{-1}$$

em que: Vt = volume acumulado de gases no tempo "t" (mL);

Vf = volume total de gases produzido em t → ∞ (mL);

μm = taxa máxima de produção de gases (mL.h<sup>-1</sup>);

L = latência (h);  
t = tempo após o início da incubação (h); e  
“1” e “2” (sub-escritos) = indicadores referentes à cinética de produção de gases a partir de CF e CNF, respectivamente.

A razão  $\mu/V_f$ , a qual apresenta a unidade  $h^{-1}$ , representa a taxa de digestão específica (kd) do substrato (Schofield *et al.*, 1994).

Para se estimar o teor dos nutrientes digestíveis totais (NDT) da silagem do terço superior de rama de mandioca (Stsrn), foram usadas as recomendações do NRC (2001). As estimativas da digestibilidade verdadeira de carboidratos não-fibrosos ( $CNF_{dv}$ ), proteína bruta ( $PB_{dv}$ ), extrato etéreo ( $EE_{dv}$ ) e fibra em detergente neutro ( $FDN_{dv}$ ) foram obtidas conforme Weiss *et al.* (1992), de acordo com as seguintes equações:

$$CNF_{dv} = 0,98 * \{100 - [(FDN - PIDN) + PB + EE + Cinzas]\} * PAF$$

$$PB_{dv} = PB * \exp[-1,2 * (PIDA / PB)]$$

$$AG_{dv} = AG$$

$$FDN_{dv} = 0,75 * (FDNn - L) * [1 - (L / FDNn)]^{0,667}$$

em que: PAF = fator de ajustamento de CNF, o qual, para a silagem de rama de mandioca, é igual a 1; PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido; PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro; o AG = ácidos graxos, nos quais  $AG = EE - 1$ ; FDNn = FDN - PIDN e L = lignina.

Desta forma, para o cálculo do NDT usou-se a seguinte equação:

$$NDT(\%) = CNF_{dv} + PB_{dv} + (AG_{dv} * 2,25) + FDN_{dv} - 7$$

As estimativas de energia, na unidade Mcal/kg MS, foram obtidas por intermédio das equações (NRC, 2001):

$$ED(Mcal / kg) = (CNF_{dv} / 100) * 4,2 + (FDN_{dv} / 100) * 4,2 + (PB_{dv} / 100) * 5,6 + (AG / 100) * 9,4 - 0,3$$

$$EMp(Mcal / kg) = [1,01x(DEp) - 0,45] + 0,0046$$

$$ELm = 1,37EM - 0,138EM^2 + 0,0105EM^3 - 1,12$$

$$ELg = 1,42EM - 0,174EM^2 + 0,0122EM^3 - 1,65$$

As estimativas obtidas foram expressas por intermédio de estatísticas descritivas.

## Resultados e discussão

**Tabela 2.** Avaliação comparativa da silagem do terço superior de rama de mandioca (Stsrn) com alguns alimentos comumente oferecidos às vacas em lactação em função de sua composição químico-bromatológica.

Alimento	MS	PB	NIDN	NIDA	EE	FDN	FDA	L	C	Ca	P	Fonte
	%											
Stsrn	25,20	19,46	2,29	1,10	4,2	50,75	40,86	12,43	7,42	0,88	0,21	
Silagem de Mandioca	24,17	11,22								0,83	0,13	Valadares Filho (2000)
Feno de Mandioca	88,92	14,00			5,22	74,29	45,01	5,86	8,89	1,46	0,16	Valadares Filho (2000)
Alfafa	90,3	19,2	3,1	2,4	2,5	41,6	32,8	7,6	11,0	1,47	0,28	NRC (2001)
Feno tifton-85	87,3	13,7	5,3	1,2	2,7	76,9	36,2	3,4	6,5	0,39	0,22	NRC (2001)
Silagem de Sorgo	28,8	9,1	2,4	1,2	2,9	60,7	38,7	6,5	7,5	0,30	0,21	NRC (2001)
Capim-Brachiária	36,11	5,75			1,26	72,89	39,44	5,60	6,37	0,28	0,25	Valadares Filho (2000)
Feno Capim Coastcross	8,57	7,19			1,14	81,75	43,50	6,19	5,36	0,49	0,14	Valadares Filho (2000)
Silagem de Girassol	30,10	11,73				65,88	34,95					Valadares Filho (2000)
Silagem de Milho	30,67	6,73			2,76	58,03	32,43	6,12	5,35	0,33	0,17	Valadares Filho (2000)
Silagem de bagaço de laranja	15,03	8,30		4,97	3,27	25,27	20,35		3,71			Itavo <i>et al.</i> (2000)

Matéria seca (MS), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), extrato etéreo (EE), fibra detergente neutro

A composição bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca (STSRM) encontra-se na Tabela 1, sendo que na Tabela 2 comparou-se a STSRM com alguns alimentos comumente oferecidos às vacas em lactação.

**Tabela 1.** Composição química da silagem do terço superior de rama de mandioca de diferentes períodos de coleta do material.

Item	Média	Erro Padrão da Média	Valor Máximo	Valor Mínimo
MS (%)	25,20	0,29	25,74	23,37
Cinzas (g/kg)	74,2	0,45	97,2	58,6
MO (g/kg)	925,8	0,45	942,2	902,8
PB (g/kg)	194,6	2,90	295,7	95,0
EE (g/kg)	42,5	0,53	63,2	21,4
FDN (g/kg)	507,5	1,08	555,4	453,5
FDA (g/kg)	408,6	2,22	485,5	332,4
CNF (g/kg)	215,3	3,50	332,8	94,5
CHOT (g/kg)	689,1	3,37	825,8	592,0
Lignina (g/kg)	124,3	9,52	164,1	91,2
Tanino (g/kg)	2,1	0,25	3,0	1,2
Celulose (g/kg)	231,2	1,31	288,1	188,4
Hemicelulose (g/kg)	98,9	2,42	162,9	16,3
Ca (%)	0,88	0,07	1,09	0,61
P (%)	0,22	0,01	0,25	0,17

Matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos totais (CHT), cálcio (Ca) e fósforo (P).

O valor médio de matéria seca (MS) encontrado nesse experimento (25,20%) para a STSRM foi semelhante aos valores encontrados por Oliveira (1984) ao estudar a silagem da parte aérea total e do terço superior da mandioca, 24,19% e 24,15%. Em adição, a silagem de mandioca citada por Valadares Filho (2000) possui 24,17% de MS.

Observa-se que os teores de proteína bruta (PB) mostraram-se elevados (19,5% MS), sendo maiores do que o observado para forrageiras, normalmente empregadas na alimentação de vacas em lactação (Tabelas 1 e 2), podendo ser comparados aos teores de PB da alfafa (19,2% MS) (Carvalho e Kato, 1987; NRC, 2001). Os valores encontrados de PB por Oliveira (1984) para a silagem de parte aérea total e do terço superior e o feno da parte aérea total e do terço superior foram respectivamente de 10,29%; 12,15%; 9,87% e 9,88% MS. De acordo com Faria (1975), o feno da rama de mandioca pode apresentar menor teor de folhas do que a silagem devido aos efeitos mecânicos durante a elaboração e manipulação do material.

(FDN), fibra detergente ácido (FDA), Lignina (L), Cinza (C), Cálcio (Ca), fósforo (P).

Os valores de FDN e FDA encontrados na STSRM foram de 51% e 41% de MS, valores estes semelhantes às demais forrageiras (Tabela 2). Por outro lado, a STSRM apresenta maiores concentrações de lignina 12,4% MS, sendo este valor menor do que os encontrados por Euclides *et al.* (1988), os quais obtiveram valores para o feno de mandioca de 16,1%.

Em relação à proteína insolúvel em detergente neutro e à proteína insolúvel em detergente ácido, os valores médios encontrados foram de 14,31% e 6,88% MS, respectivamente. Esses valores foram inferiores aos relatados por Reed *et al.* (1982), os quais relataram que 26% a 58% da PB da rama de mandioca estava ligada à fibra em detergente neutro e 8% a 13% do total da PB ligada à fibra em detergente ácido, isso devido à ocorrência de complexos de taninos condensados à fibra em detergente neutro, aumentando à proteína bruta ligada à fibra em detergente neutro. A consequência nutricional dessas formações complexas com taninos é reduzir a digestibilidade da proteína bruta e outros nutrientes ligados aos complexos formados (Scapinello *et al.*, 1986). No entanto, foi observado, nesse experimento, uma baixa quantidade de tanino solúvel. O teor de tanino encontrado para a STSRM foi de 0,21% de MS, não podendo esse nível acarretar possíveis alterações na digestibilidade.

Em relação aos teores de cálcio (0,88%) e de fósforo (0,21%), a STSRM é superior à maioria dos alimentos (Tabela 2), sendo esses valores, no entanto, inferiores aos relatados para alfafa (1,47% e 0,28%) e menor para o cálcio, quando comparado ao feno de mandioca da parte aérea total (1,46 %). Valadares Filho (2000) e Oliveira (1984) encontraram valores médios de Ca e P para o feno de mandioca de 0,78 e 0,12 e para a silagem de mandioca de 0,83 e 0,13, valores estes abaixo dos relatados neste trabalho.

Há considerável variação entre as dietas fornecidas para as vacas leiteiras em relação ao nível de ingestão dos nutrientes e à disponibilidade energética (Tyrrell e Moe, 1975). O tipo e a quantidade de parede celular influenciam na taxa de digestibilidade que ocorre com o aumento da ingestão (NRC, 1988). A descrição dos efeitos ingestivos e a disponibilidade digestiva podem ser obtidas por meio dos nutrientes digestíveis totais (NDT) e da energia digestível (ED) (NRC, 1988). Valadares Filho (2000) relata valores de 50% de NDT para o feno de mandioca da parte aérea total, valor inferior ao obtido nesse experimento, o qual apresentou valor médio de 58,74% NDT para a STSRM. Em adição, ao comparar a silagem de milho com a STSRM, a primeira apresentou valores ligeiramente superiores de 6,66% de NDT. Os valores médios dos nutrientes digestíveis totais (NDT) da STSRM e energias

encontram-se na Tabela 3, sendo na Tabela 4 demonstrada uma avaliação comparativa da STSRM com alguns alimentos comumente oferecidos a vacas em lactação, de acordo com os teores energéticos em diferentes unidades.

**Tabela 3.** Valores médios de diferentes períodos dos nutrientes digestíveis totais (NDT), energia digestível (ED), energia metabolizável de produção (EMp), energia líquida de produção (ELp), energia líquida de manutenção (ELm), energia líquida de ganho (ELg) e energia líquida de lactação (ELI) da silagem do terço superior de rama de mandioca.

Item	Média	Erro Padrão da Média	Valor Máximo	Valor Mínimo
NDT (%)	58,74	1,45	63,52	52,21
ED (Mcal/kg)	2,64	0,10	2,96	2,27
EM (Mcal/kg)	2,22	0,10	2,55	1,85
ELm (Mcal/kg)	1,46	0,09	1,76	1,11
ELg (Mcal/kg)	0,77	0,08	1,04	0,46

Em relação aos valores médios das energias, digestível (ED), metabolizável (EM), manutenção (ELm) e ganho (ELg), a STSRM mantiveram o mesmo padrão de algumas forrageiras normalmente empregadas na alimentação de vacas leiteiras (Tabela 4).

**Tabela 4.** Avaliação comparativa da StsrM com alguns alimentos comumente oferecidos às vacas em lactação em função dos teores energéticos.

Alimento	NDT	ED	EM	ELm	ELg	Fonte
	%	Mcal/kg				
StsrM <sup>1</sup>	58,7	2,64	2,22	1,46	0,77	Modesto s.d.
Alfafa	58,0	2,43	2,00	1,14	0,58	NRC (2001)
Feno tifton-85	55,3	2,49	1,86	1,19	0,63	NRC (2001)
Silagem de milho	65,4	2,84	2,19	1,46	0,87	NRC (2001)
Silagem de gramínea estação fria	55,7	2,49	1,86	1,19	0,63	NRC (2001)
Silagem de gramínea leguminosa Madura	53,6	2,43	1,80	1,15	0,59	NRC (2001)
Silagem de Sorgo	56,7	2,48	1,85	1,18	0,62	NRC (2001)
Silagem de Aveia	56,8	2,54	1,91	1,23	0,66	NRC (2001)

<sup>1</sup> Silagem do Terço Superior de Rama de Mandioca.

A proporção e os teores das frações nitrogenadas são apresentados na Tabela 5 e na Figura 1. Observou-se, ao analisar-se o perfil dos compostos nitrogenados da STSRM, elevada participação percentual das frações A e C (34,91% e 25,48% de PB). Esses valores mostraram-se superiores aos relatados para as principais forrageiras empregadas na alimentação de bovinos, conforme descrito na Tabela 6.

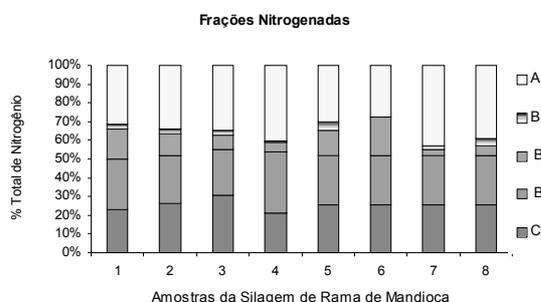
**Tabela 5.** Frações nitrogenadas da silagem do terço superior de rama de mandioca de diferentes períodos de coleta do material.

Frações	Média	Erro Padrão da Média	Valor Máximo	Valor Mínimo	%N total
A (g/kg de MS)	67,5	10,36	103,3	33,8	34,91
B <sub>1</sub> (g/kg de MS)	4,8	1,11	8,6	0,4	2,46
B <sub>2</sub> (g/kg de MS)	20,1	4,59	41,9	3,0	10,21
B <sub>3</sub> (g/kg de MS)	52,7	8,22	76,2	25,2	26,94
C (g/kg de MS)	49,6	7,83	79,73	31,90	25,48

**Tabela 6.** Avaliação comparativa da Stsrn com alguns alimentos comumente oferecidos às vacas leiteiras em função da porcentagem de PB e das frações nitrogenadas.

Alimentos	PB (%)	% PB					Fonte
		C	B3	B2	B1	A	
STSRM	19,46	25,48	26,94	10,21	2,46	34,91	Modesto s.d.
Capim Tifton 85	14,67	8,26	40,82	29,37	9,17	12,38	Cabral <i>et al.</i> (2000)
Feno de Alfafa	18,75	9,49	15,01	42,83	6,00	26,67	Cabral <i>et al.</i> (2000a, b)
Feno de Capim Coast-cross	10,40	12,59	48,95	18,70	13,29	7,00	Cabral <i>et al.</i> (2000a, b)
Silagem de Milho	7,09	15,74	1,52	26,26	3,70	52,78	Cabral <i>et al.</i> (2000a, b)
Cana-de-açúcar	2,50	3,50	15,10	71,01	8,89	1,50	Pereira <i>et al.</i> (2000a, b)

A fração A da proteína bruta, representada pelo N não-protéico, e da STSRM é alta em relação às outras frações. A fração B compreende a proteína verdadeira potencialmente disponível, sendo encontrado na STSRM um total de 39,61% PB e C representada pelo N indisponível no trato gastrointestinal, sendo encontrado na STSRM o valor de 25,48% da PB. A STSRM apresentou proporção significativa de seu nitrogênio na forma de proteína de lenta degradação (25,5% da PB total), a qual tende a escapar do rúmen e fornecer aminoácidos no intestino delgado. A fração C é constituída por proteínas associadas à lignina, complexos tânicos-protéicos e produtos da reação de Maillard, os quais resistem ao ataque das enzimas microbianas e do hospedeiro, sendo, portanto, indisponíveis durante a passagem pelo trato gastrointestinal (Waters *et al.*, 1992).



**Figura 1.** Distribuição das frações nitrogenadas em relação à porcentagem total de proteína.

Em relação aos valores (g/kg MS) das frações nitrogenadas, a fração A foi alta (67,5), assim como a fração B3 e a C (52,7 e 49,6); já as frações B1 e B2 (Tabela 6) foram baixas (4,8 e 20,1); essas frações podem reduzir a disponibilidade de aminoácidos e peptídeos no rúmen, para os microrganismos que fermentam carboidratos não-estruturais, e o suprimento de proteína dietética potencialmente digerível para o intestino delgado (Waters *et al.*, 1992).

De acordo com o sistema Cornell, a fração B pode ser subdividida em B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e B<sub>3</sub>, com base nas suas taxas de degradação ruminal (Sniffen *et al.*, 1992). A

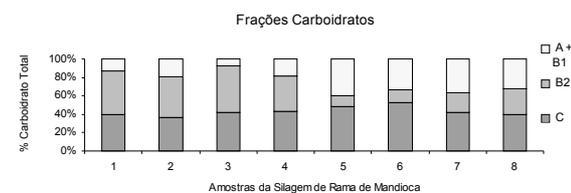
fração B<sub>1</sub>, a qual corresponde à proteína solúvel em tampão e de rápida degradação ruminal, para a STSRM foi de 2,46% PB, a fração B<sub>2</sub> proteína insolúvel em tampão com taxa intermediária de digestão foi de 10,21% PB e a B<sub>3</sub>, proteína associada à parede celular com lenta taxa de degradação, foi de 26,94% PB (Tabela 6). A determinação dessas frações é importante para as formulações de dietas adequadas, assim como a maximização da eficiência de utilização do N tanto pelos microrganismos quanto pelo próprio animal, reduzindo as perdas energéticas e nitrogenadas decorrentes da fermentação ruminal (Russell *et al.*, 1992). A fração B3 é degradada lentamente no rúmen e, portanto, apresenta um elevado escape, sendo potencial fonte de aminoácidos no intestino delgado (Sniffen *et al.*, 1992).

A importância da determinação e da caracterização dos carboidratos ingeridos pelos ruminantes se baseia na classificação das bactérias ruminais quanto à utilização dos carboidratos que constituem a parede celular vegetal e daqueles que se localizam no conteúdo celular com função não-estrutural (Russell *et al.*, 1992), sendo instrumento valioso para a formulação de rações que visem à maximização do crescimento microbiano ruminal e, conseqüentemente, à melhor predição do desempenho dos animais, notadamente em condições tropicais (Malafaia, 1997).

A proporção e os teores das frações de carboidratos são apresentados na Tabela 7 e na Figura 2. Uma avaliação comparativa da STSRM com alguns alimentos comumente oferecidos às vacas leiteiras em função da porcentagem das frações de carboidratos pode ser observada na Tabela 8. Nota-se que o valor médio para a fração C foi de 298,3g/kg MS. Ao comparar a STSRM com alimentos utilizados em regiões de clima tropical (Tabela 8), observa-se elevado teor da fração C em relação aos outros alimentos.

**Tabela 7.** Frações de carboidratos da silagem do terço superior de rama de mandioca de diferentes períodos de coleta do material.

Frações	Média	Erro Padrão da Média	Valor Máximo	Valor Mínimo	%/CHOT's totais
A + B <sub>1</sub> (g/kg de MS)	181,6	36,7	302,5	47,3	25,0
B2 (g/kg de MS)	209,2	28,0	304,3	91,7	32,0
C (g/kg de MS)	298,3	22,8	393,9	218,8	43,0



**Figura 2.** Distribuição das frações de carboidratos em relação à porcentagem dos carboidratos.

O efeito de repleção ruminal é o tempo de

renovação das frações que compõem determinado alimento, sendo logicamente aplicado aos constituintes de parede celular (Van Soest, 1994); assim, esta é uma importante medida utilizada para avaliar o efeito da FDN e suas frações sobre a retenção da digesta no rúmen (Vieira *et al.*, 1998). Como implicação, a elevada concentração da fração C observada para a STSRM pode resultar em menor digestibilidade dos carboidratos constituintes da parede celular, podendo ampliar o efeito de repleção ruminal, acarretando menor disponibilidade energética em virtude de sua característica de indigestibilidade, promovendo menor consumo potencial por unidade de tempo (Van Soest, 1994).

**Tabela 8.** Avaliação comparativa da StsrM com alguns alimentos comumente oferecidos às vacas leiteiras em função da porcentagem de carboidratos totais (CHTO), das frações de carboidratos e de carboidratos não fibrosos (CNF).

Alimentos	CHOT (g/kg MS)	CNF (g/kg MS)	Frações (% CHOT)			Fonte
			A + B1	B2	C	
STSRM	689,1	215,3	25,00	32,00	43,00	Modesto s.d.
Cana de açúcar	938,1	359,8	35,99	41,27	22,74	Pereira <i>et al.</i> (2000a)
Silagem de Milho	865,1	173,2	17,32	58,60	24,08	Cabral <i>et al.</i> (2000a)
Silagem de Sorgo	872,8	252,5	25,25	54,89	19,86	Cabral <i>et al.</i> (2000a)
Feno de Alfafa	716,4	302,5	30,25	48,09	21,66	Cabral <i>et al.</i> (2000a)

Ao comparar a fração B<sub>2</sub> da STSRM com os demais alimentos, observa-se que esta foi inferior à maioria dos alimentos encontrados na Tabela 8. A STSRM apresentou valores baixos de FDN (Tabela 1) em relação às demais forrageiras, podendo esse fato interferir na menor concentração da fração B<sub>2</sub> (32% CHOT's totais), a qual constitui-se basicamente de parede celular digestível. O incremento da fração C e a redução dos CNF podem implicar diminuição da disponibilidade de energia para os microrganismos que fermentam carboidratos fibrosos, o que poderia influir na eficiência de síntese de proteína microbiana e, ainda, conduzir a perdas de N no rúmen, se porventura forem utilizados suplementos protéicos de média ou rápida degradação (Cabral *et al.*, 2000a).

Fazem parte dos carboidratos totais as frações A + B<sub>1</sub>, as quais correspondem à fração solúvel dos nutrientes, constituída de açúcares simples de rápida degradação no rúmen, bem como de amido e de pectina. A proposta de caracterização dos carboidratos não-fibrosos como o somatório das frações A + B<sub>1</sub> se fundamenta no aspecto da praticidade para cálculo de rações para ruminantes e no aspecto analítico, uma vez que as metodologias de determinação do amido não resultam em valores verossímeis e não apresentam boa repetibilidade em função da natureza heterogênea dos tecidos vegetais (Malafaia, 1997). Em relação aos CHTO totais (68,91%), a STSRM apresentou uma das menores porcentagens ao ser comparada com os alimentos da

Tabela 8. Quanto aos CNF, a STSRM (25%) apresentou valores semelhantes à silagem de sorgo (25,25%). Ao comparar os valores da STSRM com os valores da silagem de milho encontrados por Cabral *et al.* (2000a), nota-se que a STSRM possui uma fração de CNF (A + B<sub>1</sub>) de 21% superior aos CNF da silagem de milho (181,6\g/kg MS e 149,83g/kg MS).

A técnica de produção cumulativa de gás mensura os gases gerados pela atividade microbiana anaeróbia nos frascos de fermentação, os quais são utilizados para interpretação das características nutricionais e para estimação das taxas de digestão das frações dos carboidratos que compõem os alimentos (Cabral *et al.*, 2000b). A razão  $\mu\text{m}/V_f$ , a qual apresenta a unidade  $\text{h}^{-1}$ , representa a taxa de digestão específica (kd) do substrato (Schofield *et al.*, 1994), sendo admitida em alguns estudos como similar à taxa específica de crescimento microbiano sob a pressuposição de relação diretamente proporcional entre o volume de gás produzido e a produção microbiana e o substrato digerido (Detmann, 2002). As expectativas médias das taxas de digestão específica (kd), para amostras de STSRM, são mostradas na Tabela 9.

**Tabela 9.** Estimativas médias de taxas de digestão específica ( $\text{h}^{-1}$ ) para carboidratos fibrosos e não-fibrosos em amostras de silagem do terço superior de rama de mandioca.

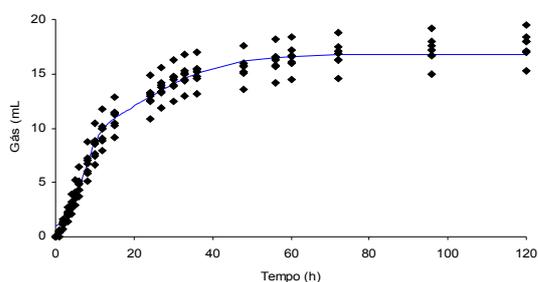
	Média	Erro Padrão	Máximo	Mínimo
Carboidratos Fibrosos	0,0250	0,0006	0,0274	0,0224
Carboidratos não-fibrosos	0,1234	0,0047	0,1324	0,1096

As taxas de digestão (kd) dos CNF para a silagem de mandioca ( $0,1234\text{h}^{-1}$ ) (Tabela 9) ficaram aquém dos valores de kd encontrados por Cabral *et al.* (2000b), que relataram valores de  $0,2249\text{h}^{-1}$  para o Capim Tifton-85;  $0,2162\text{h}^{-1}$  para o feno de *Coastcross*, sendo, no entanto, similares ao relatado por esses autores para as silagens de milho, de sorgo e de feno de alfafa ( $0,0949\text{h}^{-1}$ ,  $0,1313\text{h}^{-1}$ ,  $0,1084\text{h}^{-1}$ ). De acordo com Cone e Van Gelder (1999) e Cabral *et al.* (2000b), a incubação de forrageiras com elevado teor de PB gerou menor produção de gás do que plantas com baixo nível de PB.

Por outro lado, observou-se baixo valor para a taxa de digestão específica relacionada aos carboidratos fibrosos (CF) (Tabela 9), sendo inferior ao relatado por Cabral *et al.* (2000b) para silagens de milho e sorgo, e fenos de *Coastcross* e alfafa ( $0,0357$ ,  $0,0393$ ,  $0,0408$  e  $0,0458\text{h}^{-1}$ , respectivamente). A elevada concentração de lignina observada sobre a STSRM (Tabela 2) pode ter, de alguma forma, limitado marcadamente o acesso microbiano, resultando em retardo na degradação dos componentes da parede celular (Wilson, 1994; Cabral *et al.*, 2000b).

A Figura 3 ilustra o comportamento descritivo para a produção cumulativa de gás da STSRM. Como

discutido anteriormente, a incubação de forrageiras com elevado teor de PB, como a STSRM, gera menor produção de gás. Cone e Van Gelder (1999) e Cabral *et al.* (2000b) constataram que cada unidade percentual de proteína fermentada gera redução de 2,48mL g<sup>-1</sup> MO, principalmente nas horas iniciais de incubação, devido à fermentação das proteínas solúveis, o que poderia afetar o volume final de gás dos CNF. A STSRM analisada apresentou um odor agradável, característico de silagem, apresentando um nitrogênio amoniacal médio (N-NH<sub>3</sub>) de 24,77mg N/100mL e um pH de 5,9, houve uma perda na camada superficial da silagem no momento da abertura dos silos.



**Figura 3.** Comportamento descritivo para a produção cumulativa de gás em amostras de silagem do terço superior de rama de mandioca.

Em conclusão, a STSRM é um resíduo que possui qualidades nutritivas, rico em proteína, destacando-se por apresentar uma elevada participação das frações nitrogenadas A e C. Apresenta moderado teor de FDN, tendo elevada concentração de lignina e baixa de tanino. É um resíduo que possui potencial na exploração animal, sendo necessário mais estudos sobre o seu aproveitamento.

## Referências

CARVALHO, V. D.; KATO, M. S. A. Potencial de utilização da parte aérea da mandioca. *Inf. Agropec.*, Belo Horizonte, v.13, n.145, p.23-28. 1987.

CABRAL, L. S. *et al.* Frações protéicas de alimentos tropicais e suas taxas de digestão estimadas em incubação com proteases ruminais. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.29, n.6, p.2316-2324. 2000a (Suplemento 2).

CABRAL, L. S. *et al.* Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.29, n.6, p.2087-2098. 2000b (Suplemento 1).

CONE, J. W.; VAN GELDER, A. N. Influence of protein fermentation on gas production profiles. *Anim. Feed Sci. Tech.*, Amsterdam, v.76, n.3-4, p.251-264. 1999.

DETMANN, E. *Níveis de proteína bruta em suplementos múltiplos para terminação de bovinos em pastejo: desempenho produtivo, simulação e validação de parâmetros da cinética digestiva.* 2002. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

EUCLIDES, V. P. B. *et al.* Efeito da suplementação de rama de mandioca e grão de sorgo sobre a utilização da palha de arroz por novilhos. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.23, n.6, p.631-643, 1988.

FARIA, V. P. Técnicas de produção de feno. In: Simpósio Sobre Manejo da Pastagem, 2, Piracicaba, 1975. *Anais...* Piracicaba. ESALQ, 1975. p.229-249.

GLASL, H. Zur Photometrie in der Drogenstandardisierung-3. Gehaltsbestimmung von Gerbstoffdrogen. *Deutsche Apotheker Zeitung*, 123: 1979, 1983.

GROXKO, M. Mandioca. In: *Acompanhamento da Situação Agropecuária do Paraná.* Governo do estado do Paraná, Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento - SEAB, Departamento de economia rural - DERAL. Curitiba, v.24, n.9, p.67-72. 1998.

LICITRA, G. *et al.* Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. *Anim. Feed Sci. Tech.*, Amsterdam, v.57, n.4, p.347-358, 1996.

MALAFAIA, P. A. M. *Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos de alimentos por técnicas "in situ", "in vitro" e de produção de gases.* 1997. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

McDOUGAL, E. I. Studies on ruminant saliva.1. The composition and output of sheep's saliva. *Bioch J.*, Washington, DC., v.43, n.1, p.99-109, 1949.

MAIA, F. J. *et al.* Estudo da digestibilidade intestinal de diferentes alimentos em ruminantes através da técnica *in vitro* com a utilização de enzimas. In: X Encontro Anual de Iniciação Científica - I Encontro de Pesquisa da UEPG, 2001, *Anais...* Ponta Grossa, UEPG, 2001. p.373-374.

MODESTO, E. C. *Avaliação Nutricional da Silagem do Terço Superior de Rama de Mandioca (Manihot esculenta Crantz).* 2002. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2002.

NORMANHA, E. S. Farelo de ramas e folhas de mandioca. *O agrônomo*, São Paulo, v.14, p.16-9. 1962.

NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle.* Washington, D. C. 381p. 2001.

NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle.* Washington, D. C. 157p. 1988.

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

OLIVEIRA, J. P. *Valor nutritivo do feno e da silagem da parte aérea da mandioca (Manihot esculenta Crantz) cv.IAC 12-829.* 1984. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola Superior de Lavras, Lavras, 1984.

PELL, A. N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.76, n.4, p.1063-1073, 1993.

PEREIRA, E. S. *et al.* Determinação das frações protéicas e de carboidratos e taxas de degradação *in vitro* da cana-de-açúcar, da cama de frango e do farelo de algodão. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 29, n.6, p.1887-1893, 2000.

REED, J. D. *et al.* Condensed tannins: A factor limiting the use of cassava forage. *J. Sci. Food Agric.*, London, v. 32, n.3, p. 213-220, 1982.

- RUSSELL, J. B. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.70, n.12, p.3551-3561, 1992.
- SANTOS, G. T. *et al.* Silagens alternativas de resíduos agro-industriais. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS. 2001, Maringá. *Anais...* Maringá, PR, 2001. p.262-285.
- SCAPINELLO, C. *et al.* Características de desempenho e carcaça de coelhos alimentado com rações contendo feno do terço superior da rama de mandioca. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 23, 1986, Campo Grande - MS, *Anais...* Campo Grande: SBZ, 1986. p.83.
- SCHOFIELD, P. *et al.* Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.72, n.11, p.2980-2991, 1994.
- SCHOFIELD, P.; PELL, A. N. Measurement and kinetics analysis of the neutral detergent-soluble carbohydrates fraction of legumes and grasses. *J. An. Sci.*, Savoy, v.73, n.11, p.2980-2991, 1995.
- SILVA, D. J. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.* Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 1990.
- SNIFFEN, C. J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 70, n.10, p.3562-3577, 1992.
- SOUZA, G. S. Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear. Brasília: EMBRAPA - SPI. 505p. 1998.
- TYRRELL, H. F.; MOE, P. W. Symposium - Production efficiency in the high producing cow. Effect of intake of digestive efficiency. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.58, p.1151-1159, 1975.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. *Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG.* Viçosa: UFV. 150p. 1997. (Manual do usuário).
- VALADARES FILHO, S. C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: SIMPÓSIOS E WORKSHOPS DA XXXVII REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2000, Viçosa. *Anais...* Viçosa:UFV, 2000, p.267-338.
- VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant.* 2. ed. London: Constock Publishing Associates. 476p. 1994.
- VAN SOEST, P. J. *et al.* Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. In: Symposium Carbohydrate Methodology, Metabolism, and Nutritional Implications in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.74, n.10, p. 3583-3597, 1991.
- VIEIRA, R. A. M. *Simulação da dinâmica de nutrientes no trato gastrintestinal: aplicação e validação de um modelo matemático para bovinos a pasto.* 1998. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.
- WATERS, C. J. *et al.* Problems associated with estimating the digestibility of undergrated dietary nitrogen from acid-detergent insoluble nitrogen. *Anim. Feed Sci. Technol.*, Amsterdam, v.39, n.3-4, p.279-291. 1992.
- WEISS, W. P. *et al.* A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Anim. Feed Sci. Technol.*, Amsterdam, v. 39, p.95-110. 1992.
- WILSON, J. R. Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants: review. *J. Agric. Sci.*, London, v. 122, n.2, p.173-182. 1994.

Received on September 03, 2003.

Accepted on March 03, 2004.