

## Estudo comparativo da cinética de degradação ruminal de forragens tropicais em bovinos e ovinos

[Comparative study of ruminal degradation kinetics of tropical forages in cattle and sheep]

P.R.S.S. Campos<sup>1</sup>, S.C. Valadares Filho<sup>2,7\*</sup>, P.R. Cecon<sup>3,7</sup>, E. Detmann<sup>2,7</sup>, M.I. Leão<sup>2</sup>, S.M. Souza<sup>4</sup>, B.B. Lucchi<sup>5</sup>, R.F.D. Valadares<sup>6,7</sup>

<sup>1</sup>Aluna de pós-graduação - UENF – Campos dos Goytacazes, RJ

<sup>2</sup>Departamento de Zootecnia - UFV

Av. P.H. Rolfs, s/n

36570-000 – Viçosa, MG

<sup>3</sup>Departamento de Informática - UFV

<sup>4</sup>Aluna de pós-graduação - UFV

<sup>5</sup>Zootecnista - autônomo

<sup>6</sup>Departamento de Veterinária - UFV

<sup>7</sup>Bolsista do CNPq

### RESUMO

Estimaram-se os parâmetros da cinética de degradação ruminal *in situ* da fibra em detergente neutro (DgFDN) da cana-de-açúcar e das silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo em diferentes tempos de incubação, tamanhos de partícula (1 e 2mm) e espécies (ovinos e bovinos). A DgFDN foi obtida nos tempos de incubação: 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72, 96, 120, 144 e 240 horas. A avaliação dos tamanhos de partículas e das espécies na degradabilidade foi realizada pelo teste de identidade de modelos de regressão não linear e interpretada pela análise de fatores. As taxas de degradação da FDN ( $k_d$ ) também foram estimadas, matematicamente, utilizando-se apenas de dois tempos de incubação *in situ* (tempos 6 e 24h ou 6 e 36h). Os valores de  $k_d$  estimados em 2 tempos ou 11 tempos de incubação foram comparados pelo teste t com arranjo em pares. Os valores de  $k_d$  estimados com dois tempos de incubação, quando comparados com os valores obtidos em vários tempos de incubação mostraram-se similares ( $P>0,05$ ). Em estudos da cinética de degradação ruminal *in situ* da FDN, ovinos não devem ser considerados modelos experimentais para bovinos, mas o tamanho de partícula do alimento incubado, de 1 ou 2mm, tem pouca influência nos parâmetros de degradação ruminal.

Palavras-chave: ovino, degradabilidade *in situ*, fibra em detergente neutro

### ABSTRACT

The neutral detergent fiber degradability (NDFd) of sugar-cane, and elephantgrass, corn, and sorghum silages were predicted by *in situ* method, with different time points, sample grind sizes (1 and 2mm) and animal species (sheep and cattle). The feedstuffs were incubated at 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72, 96, 120, 144, 240 hours. The effects of sample grind sizes and of the species in NDFd were analyzed through the test of identity of non-linear regression models and interpreted by factor analysis. The rates of degradation of NDF ( $k_d$ ) were also estimated for two times of incubation *in situ* (times 6 and 24h or 6 and 36h), and they were compared to the  $k_d$  values estimated at the *in situ* trial, through the t statistical test. The  $k_d$  values estimated by different time points and predicted by *in situ* incubation times were similar ( $P>0.05$ ). There

---

Recebido em 6 de dezembro de 2004

Aceito em 5 de outubro de 2006

\*Autor para correspondência (corresponding author)

E-mail: scvfilho@ufv.br

*is little interference of particle size in degradation parameters, and the NDF degradation in situ trials in sheep can not be used as an experimental model for cattle.*

*Keywords: sheep, degradability, neutral detergent fiber*

## INTRODUÇÃO

Os sistemas de exigências nutricionais para ruminantes baseiam-se no aproveitamento dos nutrientes pelos microrganismos e no escape ruminal de frações não degradadas no rúmen (Sniffen et al., 1992). Pode-se considerar que nos últimos dez anos houve grande avanço nos conceitos relacionados à composição de alimentos, tais como a inclusão de fracionamento protéico e de carboidratos e consideração das taxas de degradação das diferentes frações.

A busca por métodos acurados, simples e rápidos, para se estimar a qualidade de forragens com base em sua digestibilidade, tem sido o objetivo da investigação dos nutricionistas. Os ensaios de digestão *in vivo* constituem a melhor forma para se estimar o valor nutritivo dos alimentos. Esses apresentam, porém, limitações de tempo e quantidade de matéria-prima necessária para sua condução. Além disso, as variações entre animais constituem um fator limitante à precisão dessa técnica (Nocek, 1988).

A técnica *in situ*, para avaliação da degradação ruminal das principais frações que compõem os alimentos, tem sido muito utilizada nas pesquisas relacionadas com nutrição de ruminantes. Essa técnica permite um contato íntimo do alimento avaliado com o ambiente ruminal, sendo a melhor forma de simulação deste meio, embora o alimento não esteja sujeito a todos os eventos digestivos, como mastigação, ruminação e passagem ao trato digestivo posterior (Van Soest, 1994). Apesar de esforços para padronizar tal procedimento, a técnica tem ainda baixa repetibilidade (Madsen e Hvelplund, 1994), e por esta razão não é utilizada para análises rotineiras em laboratórios comerciais (Spanghero et al., 2003).

Outros problemas que a técnica *in situ* apresenta estão relacionados com o tamanho das partículas, a porosidade dos sacos de náilon, o tempo de incubação, a frequência de alimentação, a contaminação bacteriana e o influxo e efluxo de

micropartículas (Mertens, 1993; Madsen e Hvelplund, 1994; Van Soest, 1994).

O tamanho da partícula (área de superfície específica) permite maior ou menor acesso para os microrganismos atuarem sobre os componentes do alimento (Owens e Goetsch, 1993), sendo este um fator de influência sobre as estimativas da taxa de degradação dos alimentos ( $k_d$ ), principalmente na digestão da fração fibrosa que é um processo dependente da colonização microbiana.

Outro aspecto a ser considerado é a espécie animal a ser utilizada nos estudos de digestibilidade, uma vez que algumas pesquisas em nutrição de ruminantes têm sido conduzidas em ensaios com ovinos, porque são animais fáceis de manejar e as quantidades de alimento e excretas envolvidos durante a experimentação são menores do que em bovinos.

Dessa forma, objetivou-se neste trabalho estimar a taxa de degradação da fração potencialmente digestível da FDN da cana-de-açúcar e das silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo, utilizando-se a degradabilidade *in situ* obtida em diferentes tempos de incubação, tamanhos de partículas e espécies animais (bovina e ovina).

## MATERIAL E MÉTODOS

Os parâmetros da cinética de degradação ruminal *in situ* da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) da cana-de-açúcar, e silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo, foram estimados por meio da técnica dos sacos de náilon em três carneiros, SRD, machos, castrados, com peso vivo médio de 50kg, dotados de cânulas ruminais. Os carneiros foram alimentados com silagem de milho, água e sal mineral à vontade. A degradabilidade *in situ* foi também avaliada em dois bovinos Holandeses, machos, castrados, dotados de cânulas ruminais. A composição química dos volumosos avaliados está descrita na Tab. 1.

Tabela 1. Composição química da cana-de-açúcar e das silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo

Item	Alimento			
	Cana-de-açúcar	Silagem de capim-elefante	Silagem de milho	Silagem de sorgo
MS	25,77	23,23	34,84	24,59
MO	98,25	94,18	94,29	93,18
PB	2,79	6,26	7,06	4,93
EE	1,06	2,30	2,57	2,18
FDN	48,87	74,23	57,12	60,41
FDNcp	47,70	64,55	54,75	58,76
CNF	46,70	21,07	29,90	27,32
FDA	23,67	45,39	26,72	32,18
Lignina	4,85	8,61	5,17	5,40

MS=matéria seca, MO=matéria orgânica, PB=proteína bruta, EE=extrato etéreo, FDN=fibra em detergente neutro, FDNcp=fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas, CNF=carboidratos não-fibrosos, FDA=fibra em detergente ácido. Valores expressos em % da matéria seca.

Foram utilizados sacos de náilon com porosidade de 50µm, na forma retangular, nas dimensões de 3,5 x 5cm para os ovinos e de 10 x 20cm nos bovinos. Foram colocados 1 e 5g de amostra de cada alimento nos sacos incubados em ovinos e bovinos, respectivamente. Os tempos de incubação avaliados foram 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72, 96, 120, 144 e 240 horas, além do tempo zero. Os sacos de náilon foram fixos a uma corrente de metal com lastro, que por sua vez foi fixa por uma corda à cânula ruminal.

Cada um dos quatro alimentos, moídos a 2mm, foi incubado nos 11 tempos de degradação descritos acima, a fim de não exceder um limite de 44 sacos/carneiro. Nos bovinos, da mesma forma, foi incubada uma amostra de cada um dos alimentos para cada tempo de incubação por animal. Em seguida, foram incubados os alimentos com tamanho de partícula de 1mm.

Após serem retirados do rúmen, os sacos de náilon foram lavados com água corrente em abundância, e em seguida secos em estufa ventilada a 65°C por 24 horas. Os sacos correspondentes ao tempo zero não foram introduzidos no rúmen, porém, foram lavados e secos conforme os demais para avaliação da fração solúvel.

Os modelos foram ajustados pelo método de Gauss-Newton. Os parâmetros da cinética de degradação ruminal da matéria seca (DgMS) foram estimados segundo o modelo proposto por Ørskov e McDonald (1979), e da fibra em detergente neutro (DgFDN) segundo Mertens e Loften (1980), respectivamente:

$$DgMS = a + b (1 - e^{-k_d t}) \dots\dots\dots (1);$$

$$DgFDN = b * e^{-k_d(t-L)} + I, t > L \dots\dots\dots (2);$$

em que: a=fração solúvel (%); b=fração insolúvel, potencialmente degradável (%); k<sub>d</sub>=taxa de degradação da fração b (h<sup>-1</sup>); I=fração não degradável (%); L=tempo de latência ou lag time (h); e t=tempo de incubação (h).

Após o ajuste das equações para degradação da fibra em detergente neutro (FDN), procedeu-se à padronização de frações segundo a proposição de Waldo et al. (1972), conforme as equações:

$$b_p = \frac{b}{b+I} \times 100 \dots\dots\dots (3);$$

$$I_p = \frac{I}{b+I} \times 100 \dots\dots\dots (4);$$

em que: b<sub>p</sub> = fração potencialmente degradável padronizada (%); I<sub>p</sub> = fração não degradável padronizada (%); e b e I=como definidas anteriormente.

A avaliação do tamanho das partículas e das espécies nos parâmetros de degradação da matéria seca e da fibra em detergente neutro foi feita por meio do teste de verificação de identidade de modelos de regressão não linear proposto por Regazzi (2003). Foi considerado o ajuste de 16 equações de regressão não lineares, de 16 grupos distintos (compostos por quatro alimentos, duas espécies e dois tamanhos de partícula) para as duas variáveis a serem avaliadas (Tab. 2). Com a finalidade de testar a hipótese Ho, onde as dezesseis equações são idênticas, isto é, uma equação comum pode ser utilizada como estimativa das dezesseis equações envolvidas.

Tabela 2. Grupos estabelecidos em função dos alimentos, espécies e tamanhos de partícula

Número do grupo	Alimentos	Tamanhos de partícula (mm)	Espécie animal
1	Cana-de-açúcar	2	Ovina
2	Cana-de-açúcar	1	Ovina
3	Cana-de-açúcar	2	Bovina
4	Cana-de-açúcar	1	Bovina
5	Silagem de capim-elefante	2	Ovina
6	Silagem de capim-elefante	1	Ovina
7	Silagem de capim-elefante	2	Bovina
8	Silagem de capim-elefante	1	Bovina
9	Silagem de milho	2	Ovina
10	Silagem de milho	1	Ovina
11	Silagem de milho	2	Bovina
12	Silagem de milho	1	Bovina
13	Silagem de sorgo	2	Ovina
14	Silagem de sorgo	1	Ovina
15	Silagem de sorgo	2	Bovina
16	Silagem de sorgo	1	Bovina

Grupos: 16 grupos distintos compostos por quatro alimentos, duas espécies e dois tamanhos de partícula

Para testar a hipótese de nulidade:  $H_0: \theta \in w$  versus  $H_a: \theta \in w^c$ , em que  $\theta$  representa todos os parâmetros ( $a_1, \dots, a_{16}; b_1, \dots, b_{16}; c_1, \dots, c_{16}; L_1, \dots, L_{16}; I_1, \dots, I_{16}$ ),  $w$ , é subconjunto do espaço paramétrico  $\Omega$  e  $w^c$  é o complemento de  $w$ , com  $\Omega = w \cup w^c$ , foi feito o teste de razão de verossimilhança por meio da expressão:  $R = \left( \frac{\hat{\sigma}_\Omega^2}{\hat{\sigma}_w^2} \right)^{n/2}$ .

Em que,  $\hat{\sigma}_\Omega^2$  é a estimativa de máxima verossimilhança de  $\sigma^2$ , quando nenhuma restrição no espaço paramétrico é feita (modelo irrestrito ou completo), e  $\hat{\sigma}_w^2$  é a estimativa de máxima verossimilhança de  $\sigma^2$  quando as restrições lineares colocadas em  $H_0$  são impostas no espaço paramétrico  $\Omega$  (modelo restrito). E, a distribuição de  $2 \ln R$  é aproximadamente qui-quadrado com  $\nu$  graus de liberdade, em que  $\nu$  é o número de parâmetros estimados em  $\Omega$  menos o número de parâmetros estimados em  $w$ , conforme Rao (1973), citado por Regazzi (2003).

Assim,  $2 \ln R = n \ln \left( \frac{\hat{\sigma}_\Omega^2}{\hat{\sigma}_w^2} \right) \rightarrow \chi^2$ .

A regra decisória de rejeição da hipótese de nulidade ocorre se:  $\chi^2_{\text{calculado}} \geq \chi^2_{\text{tabelado}}$ , em que o valor tabelado é função do número de graus de liberdade  $\nu = p_\Omega - p_w$ , no nível de significância  $\alpha$  ( $\alpha = 0,05$ ).

Sob rejeição da hipótese de nulidade, em razão do número elevado de variáveis estimadas, o

comportamento entre grupos em função das estimativas dos parâmetros ( $a, b, k_d, I$ ) foi investigado por intermédio de análise de fatores, como proposto por Johnson e Wichern (1998), empregando-se o método Varimax de rotação e ortogonalização de fatores. Adotaram-se como critérios de seleção de fatores a fração retida da variação (comunalidade) total e os escores fatoriais.

Posteriormente, as taxas de degradação da FDN também foram estimadas pela técnica descrita por Van Amburgh et al. (2003), por abordagem matemática na qual a taxa de degradação ruminal ( $k_d$ ) foi estimada por intermédio da informação de degradação em dois tempos de incubação *in situ* (tempos de incubação de 6 e 24 horas, ou, 6 e 36 horas). O cálculo da taxa de degradação ( $k_d$ ) foi obtido a partir do valor de antilog da equação:

$$\ln K = \ln (-\ln A) - \ln (t - \text{Lag}) \dots \dots \dots (5);$$

$$\text{em que: } A = \left( \frac{S_t - U_{2,4}}{S_0 - U_{2,4}} \right); \quad S = \left( \frac{\text{FDN}_{\text{RESIDUO}}}{\text{FDN}_{\text{INCUBADO}}} \right), \text{ no}$$

$$\text{tempo } t, \text{ sendo } t=24, \text{ ou } 36; \quad S_0 = \left( \frac{\text{FDN}_{\text{RESIDUO}}}{\text{FDN}_{\text{INCUBADO}}} \right),$$

$$t=0; \quad t = \text{tempo de incubação (h), sendo } t=24, \text{ ou } 36; \quad \text{Lag} = \text{tempo de latência (h), sendo}$$

$$\text{Lag} = \left( \frac{6 \times (\delta - t)}{\delta - 1} \right), \text{ no tempo } t, \text{ sendo } t=24, \text{ ou } 36;$$

$$\text{e } \delta = \left( \frac{\ln(A_t)}{\ln(A_0)} \right)$$

*Estudo comparativo da cinética...*

As taxas de degradação estimadas por esta técnica e as taxas estimadas utilizando-se os 11 tempos de incubação foram comparadas pelo teste t para dados pareados ( $\alpha=0,05$ ).

É relevante considerar que para nenhum dos grupos avaliados a estimativa do tempo de latência (L) foi significativa ( $P>0,05$ ). Dessa forma, procedeu-se ao ajustamento dos modelos sem a consideração do *lag time*.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Tab. 3 são apresentadas as estimativas dos parâmetros de degradação da MS e da FDN (a, b,  $k_d$  e I).

Os parâmetros de degradação da MS e da FDN dos alimentos foram testados pelas hipóteses de nulidade  $H_0$ , onde constatou-se sua rejeição. Na Tab. 4 são apresentados os resultados dos testes qui-quadrado para as hipóteses formuladas.

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros de degradação da matéria seca (DgMS) e da fibra em detergente neutro (DgFDN), e respectivos valores de desvios-padrão assintóticos (DPA), obtidas em diferentes espécies e tamanhos de partícula

Espécie	Tamanho da partícula (mm)	Parâmetros							
		DgMS				DgFDN			
		a	b	$k_d$	DPA	b	$k_d$	I	DPA
<b>Cana-de-açúcar</b>									
Ovina	2	41,30	26,48	0,1354	2,284	39,58	0,0350	60,42	1,045
	1	53,04	16,97	0,0650	2,793	43,38	0,0403	56,62	2,527
Bovina	2	48,92	24,80	0,1274	4,596	42,43	0,0359	57,57	1,583
	1	55,40	20,18	0,0456	1,819	51,80	0,0257	48,20	2,356
<b>Silagem de capim-elefante</b>									
Ovina	2	3,59	55,06	0,0440	2,190	61,68	0,0310	38,32	1,710
	1	5,57	56,04	0,0329	2,750	64,63	0,0279	35,37	2,215
Bovina	2	5,36	62,15	0,0421	2,334	67,99	0,0339	32,00	3,007
	1	9,05	55,49	0,0483	4,995	66,60	0,0346	33,40	2,726
<b>Silagem de milho</b>									
Ovina	2	26,63	51,40	0,0606	3,342	63,36	0,0308	36,64	1,676
	1	26,08	50,20	0,0521	3,512	69,86	0,0335	30,14	2,713
Bovina	2	21,27	57,45	0,0531	3,805	75,71	0,0268	24,29	2,452
	1	28,31	51,73	0,0549	3,416	71,09	0,0280	28,91	5,492
<b>Silagem de sorgo</b>									
Ovina	2	12,19	48,52	0,0386	3,052	51,43	0,0253	48,56	3,435
	1	18,36	45,46	0,0352	4,307	57,35	0,0328	42,65	3,533
Bovina	2	12,29	55,12	0,0393	3,067	64,68	0,0239	35,32	2,525
	1	18,64	45,82	0,0506	7,076	64,33	0,0262	35,67	3,798

a=fração solúvel (%), b=fração insolúvel potencialmente degradável(%),  $k_d$ =taxa de degradação da fração insolúvel potencialmente degradável ( $h^{-1}$ ), I=fração não degradável (%).

Tabela 4. Hipóteses avaliadas para as degradabilidades da matéria seca (DgMS) e da fibra em detergente neutro (DgFDN), valores da estatística do teste qui-quadrado, número de graus de liberdade e nível descritivo do teste (Valor -P)

Hipótese	$\chi^2$ calculado <sup>1/</sup>	Nº graus liberdade (v)	Valor -P <sup>2/</sup>
DgMS			
H <sub>0</sub> : a <sub>1</sub> =a <sub>2</sub> =...=a <sub>16</sub> , b <sub>1</sub> =b <sub>2</sub> =...=b <sub>16</sub> , k <sub>d1</sub> =k <sub>d2</sub> =...=k <sub>d16</sub>	83,75	60	0,0231
DgFDN			
H <sub>0</sub> : b <sub>1</sub> =b <sub>2</sub> =...=b <sub>16</sub> , k <sub>d1</sub> =k <sub>d2</sub> =...=k <sub>d16</sub> , I <sub>1</sub> =I <sub>2</sub> =...=I <sub>16</sub>	379,72	60	<0,0001

<sup>1/</sup> -  $n \ln \left( \frac{n\hat{\sigma}_\Omega^2}{n\hat{\sigma}_{w_i}^2} \right)$ ; <sup>2/</sup> P:  $\chi_v^2 \geq \chi^2$  calculado .

Na avaliação complementar do comportamento das estimativas dos parâmetros de degradação, avaliou-se a variação conjunta total desses, e optou-se pela adoção de dois fatores (fator 1 e fator 2), os quais englobaram 84,28% da variação total. Para o fator 1, destaca-se a correlação positiva com as frações b, que representam a fração solúvel potencialmente degradável da MS e da FDN e correlação negativa com as frações a e I, sendo este denominado fator de potencial de degradação. O fator 2 apresentou maiores correlações positivas com o parâmetro k<sub>d</sub>, sendo denominado como fator de velocidade de degradação. Assim, quanto maiores forem os escores para o fator 1, maior será a degradação do material. E quanto maior o escore do fator 2, maior a velocidade com que o material é degradado (Tab. 5).

Os escores fatoriais relativos ao potencial de degradação e à velocidade de degradação da MS e FDN dos volumosos, em função da espécie receptora e do tamanho da partícula são apresentados na Tab. 6.

A Fig. 1 ilustra os escores fatoriais médios correspondentes ao fator de potencial de degradação dos volumosos avaliados. Observa-se a diferença entre os quatro alimentos quanto aos escores médios deste fator, verificando-se menor diferença entre as silagens de capim-elefante e de milho. A cana-de-açúcar apresentou menores valores dessa fração em relação às silagens. Na Fig. 2, os escores médios, relativos ao fator potencial de degradação, mostraram que os bovinos e o tamanho da partícula de 1mm apresentam maiores valores para o coeficiente b do que os ovinos e os volumosos moídos a 2mm, respectivamente.

Tabela 5. Carga fatorial e comunalidade de cada parâmetro correspondente a cada fator das variáveis associadas à degradação da matéria seca (DgMS) e da fibra em detergente neutro (DgFDN)

Fator	Escore Fatorial <sup>1/</sup>						Variância <sup>2/</sup> (%)
	DgMS			DgFDN			
	a	b	k <sub>d</sub>	b	k <sub>d</sub>	I	
1	-0,8554	0,9470	-0,5660	0,8952	-0,1697	-0,8952	35,81
2	0,2019	-0,2076	0,5727	-0,2933	0,9447	0,2933	14,76
Comunalidade (%)	77,24	94,00	64,83	88,74	92,12	88,74	50,57

<sup>1/</sup> a=fração solúvel (%), b=fração insolúvel potencialmente degradável (%), k<sub>d</sub>=taxa de degradação da fração insolúvel potencialmente degradável (h<sup>-1</sup>), I=fração não degradável (%). <sup>2/</sup>Percentual da variância explicada em cada fator.

*Estudo comparativo da cinética...*

Tabela 6. Escores fatoriais para os diferentes grupos avaliados

Número do grupo	Alimentos	Tamanhos da partícula (mm)	Espécie	Fator 1	Fator 2
1	Cana-de-açúcar	2	Ovina	-1,4714	1,2256
2	Cana-de-açúcar	1	Ovina	-1,3105	1,2791
3	Cana-de-açúcar	2	Bovina	-1,4354	1,3122
4	Cana-de-açúcar	1	Bovina	-1,8260	-1,7793
5	Silagem de capim-elefante	2	Ovina	0,6692	0,1544
6	Silagem de capim-elefante	1	Ovina	0,6024	-0,5810
7	Silagem de capim-elefante	2	Bovina	1,3038	0,8371
8	Silagem de capim-elefante	1	Bovina	1,0681	0,9384
9	Silagem de milho	2	Ovina	0,3113	0,1456
10	Silagem de milho	1	Ovina	0,7487	0,6070
11	Silagem de milho	2	Bovina	0,8339	-0,5388
12	Silagem de milho	1	Bovina	0,6558	-0,1900
13	Silagem de sorgo	2	Ovina	-0,4842	-1,2706
14	Silagem de sorgo	1	Ovina	0,1157	0,1336
15	Silagem de sorgo	2	Bovina	0,2013	-1,3592
16	Silagem de sorgo	1	Bovina	0,0175	-0,9139

Grupos: 16 grupos distintos compostos por quatro alimentos, duas espécies e dois tamanhos de partícula.

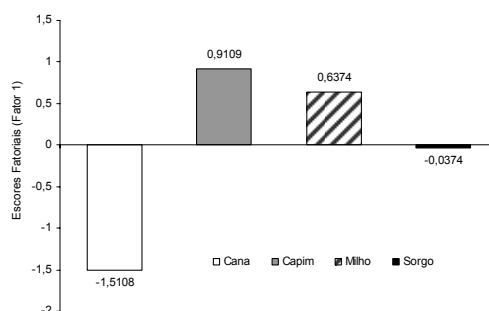


Figura 1. Escores fatoriais médios correspondentes ao potencial de degradação (fator 1), na análise fatorial das variáveis – parâmetros de degradação da MS e FDN, relativos aos volumosos.

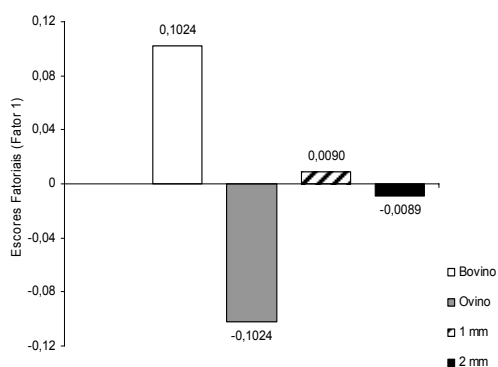


Figura 2. Escores fatoriais médios correspondentes ao potencial de degradação (fator 1), na análise fatorial das variáveis – parâmetros de degradação da MS e FDN, relativos aos tamanhos de partícula e espécie.

Vale ressaltar que os escores fatoriais encontrados para espécies e tamanhos da partícula são relativamente baixos, o que torna essa diferença sutil, ou seja, a fração potencialmente degradável é pouco influenciada pela espécie animal ou tamanho da partícula do alimento incubado, pois é composta basicamente por amido, compostos nitrogenados protéicos e carboidratos estruturais (principalmente celulose e hemicelulose). Esse comportamento pode ser justificado pelo fato de que o potencial de degradação é uma característica única e exclusiva do alimento.

A fração não degradável (I) um dos principais determinantes no efeito de enchimento (*rúmen*

*fill*), e por sua vez do consumo, diminui à medida que se aumenta a fração potencialmente degradável; sendo assim, esta apresentou comportamento inverso aos escores obtidos no fator 1 dos alimentos avaliados.

Em relação ao fator velocidade de degradação, observaram-se maiores diferenças entre os alimentos do que entre as espécies e os tamanhos de partícula. A cana-de-açúcar e a silagem de capim-elefante apresentaram pouca variação entre si, porém as silagens de milho e sorgo mostraram escores mais distantes entre si, tendo a silagem de sorgo o menor escore deste fator que os demais volumosos (Fig. 3).

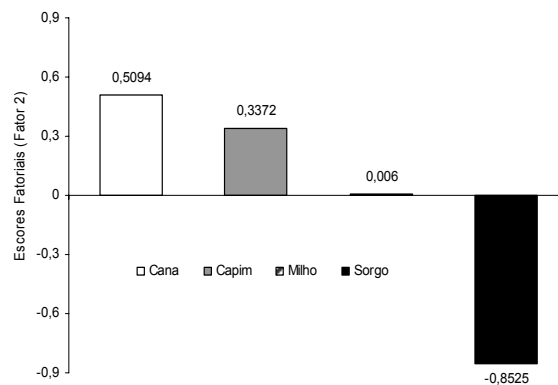


Figura 3. Escores fatoriais médios correspondentes à velocidade de degradação (fator 2), na análise fatorial das variáveis – parâmetros de degradação da MS e FDN.

Campos et al. (2003), ao estudarem vários genótipos de sorgo, com e sem tanino, constataram que a presença dos taninos nas silagens de sorgo diminuiu a degradabilidade ruminal da matéria seca e da proteína bruta, e que tal efeito é dependente da concentração de tanino na planta e não apenas da sua presença.

Na Fig. 4, mostra-se o comportamento do fator velocidade de degradação em função das espécies animais e tamanhos de partícula. Os ovinos apresentam maiores taxas de degradação do que os bovinos, e o tamanho de partícula de

2mm apresentou maiores taxas de degradação do que quando moídos a 1mm, embora os escores que representem tais diferenças sejam relativamente baixos.

A diferença encontrada entre as espécies ovina e bovina, são atribuídas, principalmente, ao ambiente ruminal, uma vez que a velocidade de degradação é função, além das características do alimento, da disponibilidade qualitativa e quantitativa dos microrganismos presentes no meio de degradação.



### Estudo comparativo da cinética...

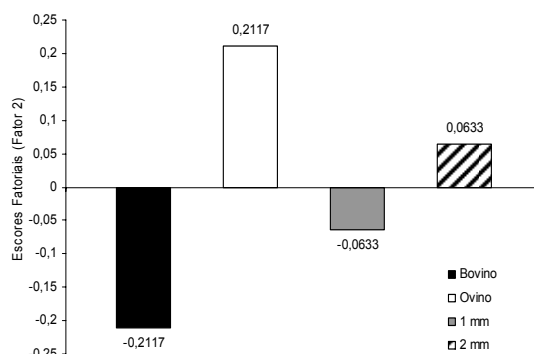


Figura 4. Escores fatoriais médios correspondentes à velocidade de degradação (fator 2), na análise fatorial das variáveis – parâmetros de degradação da MS e FDN relativos aos tamanhos de partícula e espécie.

Segundo Allen (1993), a digestibilidade da fibra é função da fração potencialmente degradável e da taxa de digestão. Ambas as características podem ser alteradas de acordo com a composição química do alimento. Apesar de o teor de lignina estar relacionado com a fração potencialmente degradável, não há um componente químico do alimento que esteja diretamente correlacionado com a taxa de degradação.

Owens e Goetsch (1993) destacaram que o  $k_d$  pode ser influenciado pelo processamento por alterar a área de superfície, geralmente aumentando a taxa de digestão. A redução do tamanho de partícula por aumentar proporcionalmente a relação superfície:área, potencialmente aumenta a exposição do alimento à digestão microbiana.

A ausência de ruminação de alimentos incubados *in situ* sugere que algum processo adicional deve ser utilizado para que o tamanho de partícula represente adequadamente as características observadas *in vivo*. Tamanhos de partícula muito pequenos induzem excessiva perda de partícula (Vanzant et al., 1996). As recomendações para tamanhos de partícula variam de 1,5 a 5mm para alimentos volumosos.

Devido às poucas evidências disponíveis sobre o efeito do tamanho de partícula afetando a degradação dos alimentos, Vanzant et al. (1996) sugeriram o tamanho de partícula de 2mm adequado para rotinas de ensaios *in situ*.

Huntington e Givens (1997) estudaram os efeitos da espécie animal na degradação *in situ* da matéria seca de feno, utilizando-se vacas da raça Holandesa e ovinos da raça Suffolk e não encontraram diferenças significativas para os coeficientes “a”, porém, a taxa de degradação  $k_d$  diferiu entre as espécies, implicando maiores valores de degradação efetiva da MS em ovinos.

Observa-se que, para estudos *in situ* o tamanho da partícula de 1 mm ou 2 mm tem pouca influência na degradação da MS e da FDN. De maneira geral, os ovinos não devem ser considerados modelos experimentais em estudos de degradação da MS e da FDN para os bovinos.

O’Mara et al. (1999) propuseram que sejam realizados mais estudos sobre o assunto, pois, caso consideradas as digestibilidades entre bovinos e ovinos idênticas, ignora-se o fato que bovinos têm a capacidade muito maior de consumir alimentos do que ovinos, fator este determinante na digestibilidade.

Com base nas limitações do método *in situ*, Van Amburgh et al. (2003) propuseram estimar a taxa de digestão ( $k_d$ ) apenas com dois tempos de incubação. Os valores de  $k_d$  estimados por esta técnica foram comparados com os valores observados nos 11 tempos de incubação. Os valores de  $k_d$  estimados com 11 tempos de incubação foram similares ( $P>0,05$ ) aos estimados para os tempos de incubação de 6 - 24horas e 6 - 36 horas (Tab. 7).

Tabela 7. Valores das taxas de degradação ( $k_d$ ) dos alimentos estimados pela técnica *in situ* e estimados matematicamente

Alimento	$k_d$ estimado <sup>1/</sup> (%/h)	$k_d$ calculado <sup>2/</sup> (%/h)	
		6h – 24h	6h – 36h
Bovino 1mm			
Cana-de-açúcar	2,57	1,66	2,08
Silagem de Capim	3,46	2,17	3,64
Silagem de Milho	2,80	2,93	5,95
Silagem de Sorgo	2,62	1,78	2,27
Valor-P		0,1474	0,4178
Bovino 2mm			
Cana-de-açúcar	3,59	2,34	1,70
Silagem de Capim	3,39	3,17	3,62
Silagem de Milho	2,68	2,52	3,02
Silagem de Sorgo	2,39	2,04	1,78
Valor-P		0,0954	0,5191
Ovino 1mm			
Cana-de-açúcar	4,03	2,07	2,12
Silagem de Capim	2,79	2,59	2,51
Silagem de Milho	3,35	3,20	3,78
Silagem de Sorgo	3,28	1,80	2,31
Valor-P		0,1712	0,1285
Ovino 2mm			
Cana-de-açúcar	3,50	2,01	1,74
Silagem de Capim	3,10	3,02	2,88
Silagem de Milho	3,08	2,88	2,89
Silagem de Sorgo	2,53	2,01	1,62
Valor P		0,1297	0,2649

<sup>1</sup>Valores estimados com 11 tempos de incubação *in situ*; <sup>2/</sup> Valores estimados matematicamente, segundo Van Amburgh et al. (2003).

Silva (2004) ao avaliar a validade desta técnica para capim-elefante, utilizando-se de bovinos, constatou que a taxa de degradação foi estimada adequadamente para os tempos 6 - 24 horas.

Pelos resultados obtidos neste estudo, a técnica proposta por Van Amburgh et al. (2003) mostrou-se adequada para estimar as taxas de degradação ( $k_d$ ) dos volumosos.

### CONCLUSÕES

Os ovinos não podem ser considerados como modelos experimentais para estudos de degradabilidade *in situ* da matéria seca e fibra em detergente neutro para bovinos. O tamanho da

partícula pouco interfere nos parâmetros de degradação ruminal da matéria seca e fibra em detergente neutro para alimentos volumosos. A técnica proposta por Van Amburgh et al. (2003), mostrou-se adequada para estimar o  $k_d$  da FDN nos tempos de 6 – 24 h e 6 - 36 h para volumosos.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M.S. Troubleshooting silage-based ration problems: Ruminant fermentation of fiber and starch. In: SILAGE PRODUCTION: FROM SEED TO ANIMAL NATIONAL SILAGE PRODUCTION CONFERENCE, 1993, Syracuse. *Proceedings...* Ithaca, New York: NRAES, 1993. p.186-195.

- CAMPOS W.E.; SATURNINO H.M.; SOUSA, B.M. et al. Degradabilidade *in situ* da silagem de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino. I - Matéria seca e proteína bruta. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.55, p.209-215, 2003.
- HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. Studies on *in situ* degradation of feeds in the rumen: 2. The effect of bag numbers incubated and post-incubation processing of residues. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.68, p.115-129, 1997.
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. Applied multivariate statistical analysis. 4.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1998. 816p.
- MADSEN, J.; HVELPLUND, T. Prediction of *in situ* protein degradability in the rumen. Results of a European ring test. *Livest. Prod. Sci.*, v.39, p.201-212, 1994.
- MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J.M., FRANCE, J. (Eds.). *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Cambridge, England: Cambridge University, 1993. p.13-51.
- MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. *J. Dairy Sci.*, v.63, p.1437-1446, 1980.
- NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *J. Dairy Sci.*, v. 71, p.2051-2069, 1988.
- O'MARA, F.P.; COYLE, J.E.; DRENNAN, M.J. et al. A comparison of digestibility of some concentrate feed ingredients in cattle and sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.81, p.167-174, 1999.
- 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.*, v.92, p.499-503, 1979.
- OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. Ruminal Fermentation. In: CHURCH, D. C. (Ed.). *The Ruminant Animal: digestive physiology and nutrition*. 5.ed. New Jersey: Englewood, Cliffs, 1993. p.145-171.
- REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. *Rev. Ceres*, v.50, p.9-26, 2003.
- SILVA, P.A. *Valor energético do capim-elefante (Penisetum purpureum, Schum) em diferentes idades de rebrota e determinação da digestibilidade "in vivo" da fibra em detergente neutro*. UFV, 2004. 57f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets; II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3562-3577, 1992.
- SPANGHERO, M.; BOCCALON, S.; GRACCO, L. et al. NDF degradability of hays measured *in situ* and *in vitro*. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.104, p.201-208, 2003.
- VAN AMBURGH, M.E.; VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. et al. Corn silage neutral detergent fiber: refining a mathematical approach for *in vitro* rates of digestion. CORNELL NUTRITION CONFERENCE, 2003, New York. *Proceedings...* New York, 2003. p. 99-108.
- VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed.: Ithaca: Cornell University, 1994. 476 p.
- VANZANT, E.R.; COCHRAN, E.C.; TITGEMEYER, S.D. et al. *In vivo* and *in situ* measurements of forage protein degradation in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, v.74, p.2773-2784, 1996.
- WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model of cellulose disappearance from the rumen. *J. Dairy Sci.*, v.55, p.125-129, 1972.