

# ESTIMATIVA DA DEGRADABILIDADE RUMINAL DE ALIMENTOS UTILIZANDO A TÉCNICA DE PRODUÇÃO DE GÁS EM BOVINOS, OVINOS E CAPRINOS<sup>1</sup>

ROSELI APARECIDA DOS SANTOS<sup>2</sup>  
JÚLIO CÉSAR TEIXEIRA<sup>3</sup>  
JUAN RAMÓN OLALQUIAGA PÉREZ<sup>3</sup>  
PAULO CÉSAR DE AGUIAR PAIVA<sup>3</sup>  
JOEL AUGUSTO MUNIZ<sup>3</sup>  
PEDRO BRAGA ARCURI<sup>3</sup>

**RESUMO** – Conduziu-se este trabalho com o objetivo de validar a técnica de produção de gás na avaliação de alimentos concentrados e volumosos e as possíveis diferenças entre bovinos, ovinos e caprinos quanto à degradação desses alimentos. O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA. O líquido ruminal (inóculo) foi originado de três vacas Holandesas, três ovelhas e três cabras sem raça definida, fistuladas no rúmen. Foram avaliadas as frações solúvel em detergente neutro (SDN) e fibra em detergente neutro (FDN) de fubá de

milho, farelo de soja, farelo de algodão, caroço de algodão, farelo de trigo, polpa cítrica, feno de alfafa, feno de coast cross, silagem de milho e silagem de capim. As leituras do volume cumulativo de gás foram feitas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60 e 72 horas após a incubação. Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre as espécies, para nenhuma das variáveis estudadas. A fração SDN apresentou maior produção de gás e taxa de degradação em relação a FDN. A técnica de produção de gás permitiu estimar as taxas de digestão das frações insolúveis e, principalmente, das frações solúveis dos carboidratos totais.

**TERMOS PARA INDEXAÇÃO:** Degradabilidade, produção de gás, bovino, ovino, caprino.

## ESTIMATE OF THE RUMINAL DEGRADABILITY OF SOME FEEDS USING GAS PRODUCTION TECHNIQUE IN CATTLE, SHEEP, AND GOATS

**ABSTRACT** – The objective of this work was to validate the technique of gas production in the evaluation of concentrated feeds and roughages, and the possible differences between cattle, sheep, and goats, regarding the degradation of these feeds. The experiment was carried out in the Laboratory of Animal Research at the Animal Science Department - Federal University of Lavras, Brazil. The ruminal liquor came from three Holstein cows, three sheep, and three goats, without defined race. All were fistulated in the rumen. The neutral detergent soluble fraction (NDS) and neutral detergent fiber (NDF), of ground corn, soybean

meal, cotton meal, cotton seed, wheat meal, citrus pulp, alfalfa hay, coast cross hay, corn silage and grass silage were evaluated. The readings of the cumulative volume of gas were made from 1 to 72 hours after incubation. There was not difference ( $P > 0.05$ ) among the animal species, for any of the studied variables. The NDS fraction presented larger gas production and degradation rate in relation to NDF. The gas production technique allowed to estimate the rates of digestion of the insoluble fractions and, mainly, the soluble fractions of the total carbohydrates.

**INDEX TERMS:** Degradability, gas production, cattle, sheep, goat.

- 
1. Parte da Tese apresentada à UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA), Caixa Postal 37 – 37200-000 – Lavras, MG, pelo primeiro autor, para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.
  2. Zootecnista, D.Sc.
  3. Professores Titular do Departamento de Zootecnia da UFLA.

## INTRODUÇÃO

A técnica de produção de gás (Menke et al., 1979; Pell & Schofield, 1993; Theodorou et al., 1994) consiste basicamente em medir a produção total de gás liberada pela fermentação de uma amostra incubada em líquido ruminal tamponado. As vantagens dessa técnica sobre as outras técnicas *in vitro*, como a de Tilley & Terry (1963), para a avaliação de alimentos, foram destacadas por Blümmel & Ørskov (1993) e Makkar et al. (1995). Outros métodos *in vitro* são baseados em mensurações gravimétricas que seguem o desaparecimento do substrato (componentes que podem ou não contribuir para a fermentação), enquanto a mensuração de gás concentra-se no surgimento de produtos de fermentação (substâncias solúveis, mas não fermentáveis, não contribuem para a produção de gás). Essa diferença no princípio do método faz com que essa técnica apresente alta correlação com a digestibilidade *in vivo*. Além disso, o método de produção de gás tem como vantagem determinar a cinética de fermentação em uma única amostra, sendo necessária uma quantidade relativamente pequena, permitindo que um maior número de amostras possa ser avaliado ao mesmo tempo. Esse método apresenta como desvantagem o baixo peso da amostra a ser incubada, o que dificulta a homogeneidade do material.

Assim, objetivou-se com este trabalho validar a técnica de produção de gás na avaliação de alimentos concentrados e volumosos comumente usados em dietas de ruminantes, bem como verificar possíveis diferenças entre bovinos, ovinos e caprinos quanto à degradação desses alimentos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local e animais utilizados

O ensaio foi conduzido no Laboratório de Pesquisa Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA. Para coleta do líquido ruminal (inóculo), foram utilizadas três vacas Holandesas, três cabras e três ovelhas sem raça definida (SRD), não-gestantes, não-lactantes, providas de fístula ruminal.

### Preparo das amostras

Foram utilizados fubá de milho, farelo de soja, farelo de algodão, caroço de algodão, farelo de trigo e polpa cítrica, feno de alfafa, feno de coast cross, silagem de milho e silagem de capim. Todos os alimentos foram analisados para matéria seca (MS) e proteína

bruta (PB), de acordo com as metodologias descritas por AOAC (1990). Fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas de acordo com as metodologias propostas por Van Soest & Wine (1968), citado por Silva (1990). A composição bromatológica dos alimentos encontra-se na Tabela 1.

Para as incubações, foi tomada uma amostra de aproximadamente 5 g, a qual foi submetida à fervura durante 1 hora em solução de detergente neutro. Posteriormente, o resíduo foi filtrado em saco de náilon (porosidade média 54,35  $\mu\text{m}$ ) e exaustivamente lavado com água quente, acetona, e novamente com água, para a retirada completa do detergente, sendo, então, colocado em estufa de ventilação forçada a 65°C durante 72 horas.

### Coleta do inóculo e preparo do meio de cultura

O líquido ruminal foi filtrado em gaze e acondicionado em garrafa térmica pré-aquecida com água a 39°C. Nas vacas, a coleta foi feita manualmente na região ventral do rúmen. O inóculo foi composto por uma mistura de líquido ruminal retirado de 3 animais por espécie.

O meio utilizado foi o “tampão de McDougal” (McDougal, 1949). Depois de preparada, a solução-tampão foi colocada em banho-maria e adicionou-se, para cada 1 litro de tampão, uma solução redutora preparada momentos antes, composta de 891 mg de HCl-cisteína e 891 mg de sulfeto de sódio, 5,7 ml de NaOH 1 N e água destilada até o volume de 77 ml; esse volume foi calculado para manter uma relação solução-tampão:solução redutora de 26:2. Então, a solução foi borbulhada com CO<sub>2</sub>, para atingir pH entre 6,8 – 6,9.

### Incubação

Aproximadamente 400 mg de MS integral e a devida proporção em FDN foram pesados em triplicata em frascos plásticos com capacidade de 100 ml. Esses, por sua vez, receberam 4 ml de água destilada para hidratação da amostra e 28 ml da solução tampão pré-reduzida. Cada frasco foi, então, aspergido por 10 segundos com CO<sub>2</sub>, tampado com rolha de borracha e levado ao banho-maria a 39°C, permanecendo lá até que o líquido ruminal fosse coletado e filtrado. Então, os frascos foram retirados do banho-maria, receberam 8 ml do inóculo, aspergidos novamente com CO<sub>2</sub>, imediatamente tampados com rolha de borracha e tampa plástica rosqueada e foram colocados em banho-maria a 39°C (Malafaia, 1997). Dessa maneira, as incubações foram realizadas separadamente para a matéria seca total (MS) e para a FDN.

**TABELA 1** – Composição bromatológica dos alimentos utilizados nos experimentos *in vitro* e *in situ*, expressa em porcentagem da matéria seca<sup>1</sup>.

Alimentos	MS	PB	FDN	SDN <sup>2</sup>	FDA	HEM <sup>3</sup>
Feno de Alfafa	91,8	22,9	45,9	54,1	34,2	11,7
Feno de Coast cross	90,4	8,6	72,6	27,4	50,8	21,8
Silagem de Milho	30,2	2,7	54,9	45,1	28,1	26,8
Silagem de Capim	27,1	1,4	67,4	32,6	40,3	27,1
Farelo de Trigo	89,2	18,5	41,1	58,9	14,3	26,7
Farelo de Algodão	89,7	32,9	39,1	60,9	23,0	16,1
Caroço de Algodão	93,1	19,9	48,9	51,1	41,3	7,6
Farelo de Soja	89,3	52,2	15,8	84,2	11,6	4,2
Fubá de Milho	86,9	8,7	11,6	88,4	2,0	9,7
Polpa Cítrica	90,5	7,1	25,7	74,3	23,9	1,8

<sup>1</sup> Análises realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA.

<sup>2</sup> Fração solúvel em detergente neutro (SDN = 100 – FDN).

<sup>3</sup> Hemicelulose (HEM = FDN – FDA).

#### Coleta de dados

As leituras de pressão e volume dos gases foram obtidas por meio de um manômetro (0-1 kgf/cm<sup>2</sup>) acoplado a uma seringa (20 ml), conforme descrito por Malafaia (1997), nos seguintes tempos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60 e 72 horas após o início da incubação. Com o somatório do volume de gás para cada tempo de leitura, foram construídas as curvas de produção cumulativa dos gases oriundos da MS e FDN, sendo a curva correspondente à fração solúvel em detergente neutro (SDN) obtida pela diferença entre o gás da MS e o da FDN para cada tempo de incubação, método esse denominado “curva de subtração”.

#### Manipulação dos dados

A cinética da produção cumulativa dos gases foi analisada empregando-se o modelo logístico unicompartmental descrito por Schofield et al. (1994):

$$V(t) = \frac{V_f}{1 + \exp[2.4 * c * (T - L)]}$$

no qual V(t) é o volume acumulado no tempo t; V<sub>f</sub> (ml) é o volume total de gás produzido a partir da fração em

questão; c (%/h) é a taxa de degradação da fração; L (h) é o tempo de colonização e T (h) é o tempo de incubação.

Para a realização dos ajustes, utilizou-se o processo iterativo do algoritmo de Marquadt implantado no software SAEG, descrito por Euclides (1997).

#### Análises estatísticas

Os valores do volume acumulado de gás e taxa de degradação foram submetidos à análise estatística. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial 10x3x3, sendo dez alimentos, três frações (MS, FDN e SDN) e três espécies (bovina, ovina e caprina), conforme modelo estatístico:

$$y_{ijk} = \mu + A_i + F_j + E_k + AF_{ij} + AE_{ik} + FE_{jk} + AFE_{ijk} + e_{ijk}$$

sendo:

y<sub>ijk</sub> observação referente ao alimento i na fração j na espécie k;

μ média geral;

A<sub>i</sub> efeito do alimento i, sendo i = 1, 2, 3, ..., 10;

F<sub>j</sub> efeito da fração j, sendo j = 1, 2, 3;

$E_k$  efeito da espécie  $k$ , sendo  $k = 1, 2, 3$ ;  
 $AF_{ij}$  efeito da interação do alimento  $i$  com a fração  $j$ ;  
 $AE_{ik}$  efeito da interação do alimento  $i$  com a espécie  $k$ ;  
 $FE_{jk}$  efeito da interação da fração  $j$  com a espécie  $k$ ;  
 $AFE_{ijk}$  efeito da interação do alimento  $i$  com a fração  $j$ , na espécie  $k$ ;  
 $e_{ijk}$  erro aleatório associado a cada observação.

As médias foram comparadas pelo teste de Scott & Knott (1974) contido no programa estatístico SISVAR (Sistema de Análise de Variância para Dados Balanceados), segundo Ferreira (2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Volume acumulado de gás

Houve diferença ( $P < 0,01$ ) entre os alimentos, frações e espécies estudadas. Houve significância para as interações espécie x alimento, fração x alimento, espécie x fração e espécie x alimento x fração.

As médias do volume acumulado de gás (ml) dos alimentos testados, após 72 horas de incubação, encontram-se na Tabela 2.

Os maiores valores foram observados para o fubá de milho e a polpa cítrica. Isso se explica pelo fato de que alimentos ricos em carboidratos solúveis, como o amido presente no fubá, propiciam uma maior fermentação ruminal e, conseqüentemente, maior produção de gás em rela-

ção a outros alimentos com maior proporção de carboidratos estruturais (parede celular). Da mesma forma, a pectina presente na polpa cítrica também propicia maior produção de gás devido à sua alta fermentabilidade, o que, segundo Van Soest (1994), estimula a atividade microbiana ruminal e, assim, a produção de ácidos graxos voláteis totais.

O caroço de algodão foi o alimento concentrado que apresentou menor produção de gás em todas as espécies estudadas, seguido dos farelos de algodão e soja, o que pode ser explicado pelo alto conteúdo de proteína desses alimentos, pois, de acordo com Khazaal et al. (1995), a incubação de substratos ricos em proteína resultaria na formação de bicarbonato de amônio, a partir de  $CO_2$  e amônia, reduzindo, assim, a contribuição de  $CO_2$  para a produção total de gás.

Entre os volumosos testados, a silagem de capim apresentou uma menor produção de gás quando foram utilizados os inóculos de bovinos e ovinos. Quanto aos caprinos, o menor volume de gás foi obtido pelo feno de coast cross. O que caracteriza maior ou menor digestão (produção de gás) é a proporção entre as frações solúvel e insolúvel, e como observado na Tabela 1, o teor de fibra em detergente neutro (fração insolúvel) para a silagem de capim e feno de coast cross foi alto. Além disso, segundo Van Soest (1994), existe uma menor atividade de celulases em líquido de rúmen filtrado, como aquele utilizado neste trabalho.

**TABELA 2** – Médias do volume acumulado de gás (ml) dos diferentes alimentos testados, segundo as espécies e frações.

Alimento	Bovinos			Ovinos			Caprinos		
	MS	FDN	SDN	MS	FDN	SDN	MS	FDN	SDN
Feno de Alfafa	74,9 AaC	11,4 BcC	60,8 AbB	76,6 AaC	31,2 AcA	46,5 AbD	84,1 AaC	29,1 AcB	55,3 AbC
Feno de Coast cross	79,2 AaC	45,6 AbA	33,8 BcD	73,3 AaC	12,7 CcB	61,2 AbC	55,6 BaD	26,7 BbB	29,2 BbE
Silagem de Milho	87,4 AaB	20,1 BcB	66,6 AbB	83,5 AaB	42,4 AbA	47,1 BbD	63,7 BaD	37,8 AbB	30,1 CbE
Silagem de Capim	34,8 BaF	26,6 BaB	7,8 CbE	62,9 AaD	38,4 AbA	24,7 BcE	70,4 AaD	18,0 BcC	52,5 AbC
Farelo de Trigo	86,0 AaB	21,0 BcB	65,3 AbB	96,4 AaA	23,2 BcB	74,8 AbB	44,9 BaE	34,4 AaB	11,9 BbF
Farelo de Algodão	46,9 BaE	41,5 AaA	16,2 AbE	59,1 AaD	37,6 AbA	20,0 AcE	59,0 AaD	35,5 AbB	23,1 AcE
Caroço de Algodão	27,6 AaF	19,6 AaB	12,9 AaE	35,3 AaE	29,4 AaA	12,6 AbE	37,1 AaE	29,4 AaB	17,9 AbF
Farelo de Soja	63,4 BaD	16,6 BcB	48,0 AbC	71,4 BaC	16,2 BcB	54,8 AbC	83,1 AaC	52,6 AbA	40,0 AbD
Fubá de Milho	88,2 BaB	2,0 AbC	86,2 BaA	105,0 AaA	1,9 AbC	103,4 AaA	114,0 AaA	2,0 AbD	112,0 AaA
Polpa Cítrica	117,9 AaA	25,0 AcB	94,7 AbA	97,2 BaA	21,5 AcB	69,1 BbB	101,3 BaB	15,1 AcC	89,2 AbB

**Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Scott & Knott a 5%. Nas colunas, letras maiúsculas para diferenciar as espécies dentro de cada fração, para cada alimento; letras minúsculas para diferenciar as frações dentro de cada espécie, para cada alimento. Nas linhas, letras maiúsculas em negrito para diferenciar os alimentos dentro de cada espécie, para cada fração.**

Houve diferença entre as espécies, no entanto, quando se considera cada alimento isolado, uma espécie ou outra se destaca; por exemplo, para a matéria seca, o feno de alfafa e o caroço de algodão apresentaram o mesmo comportamento em relação aos diferentes inóculos. Quanto à FDN, o farelo e o caroço de algodão, o fubá de milho e a polpa cítrica também não foram diferentes entre as espécies. Também não houve diferença entre espécies quando foi avaliada a fração solúvel (SDN) do feno de alfafa, do caroço de algodão e dos farelos de soja e algodão.

Na Tabela 2, pode-se observar também uma maior produção de gás para a fração solúvel em detergente neutro (SDN) em relação à fibra em detergente neutro (FDN) para a maioria dos alimentos avaliados. Ao contrário, o farelo e o caroço de algodão apresentaram maior produção de gás para a FDN. Dessa forma, pode-se inferir que, nesses alimentos, essa fração é a principal fonte de energia para o crescimento microbiano.

### Taxa de degradação

O caroço de algodão foi o alimento concentrado que apresentou maior taxa de degradação da matéria seca, quando utilizado o inóculo de bovinos e caprinos (Tabela 3). Como foi comentado no item 1, o farelo e o caroço de algodão apresentaram maior produção de gás para a FDN em relação à SDN. Pode-se constatar, en-

tão, que a fração fibrosa do caroço de algodão constitui-se em uma maior proporção de carboidratos rapidamente fermentáveis.

Quanto aos volumosos, apenas o feno de alfafa destacou-se entre os demais. As leguminosas são caracterizadas por conterem maior quantidade de fração solúvel em relação às gramíneas. Outra notável diferença entre esses alimentos deve-se ao menor teor de FDN (Tabela 1) no feno de alfafa e, por conseguinte, maior teor de carboidratos não estruturais (SDN), o que permite à alfafa ser classificada como um volumoso de alta qualidade. Esse fato já havia sido preconizado por Schofield & Pell (1995), segundo os quais a contribuição de gás a partir da fração SDN é maior para as leguminosas do que para as gramíneas.

Na Tabela 3, observa-se que as taxas de degradação da matéria seca dos volumosos foram estatisticamente iguais entre as espécies estudadas. Por outro lado, o farelo de algodão apresentou maior taxa de degradação quando incubado em bovinos, e o caroço de algodão quando incubado em bovinos e caprinos, não havendo diferença entre as espécies para os demais alimentos. Há uma polêmica quanto à eficiência de diferentes ruminantes na degradação de alimentos. No entanto, existem evidências de que os caprinos são mais eficientes na digestão da fibra, especialmente quando é permitida a seleção de alimentos, enquanto os ovinos parecem mais capazes de utilizar a proteína (Gihad et al., 1980).

**TABELA 3** – Médias da taxa de degradação (%/h) dos diferentes alimentos testados, segundo as espécies e frações.

Alimento	Bovinos			Ovinos			Caprinos		
	MS	FDN	SDN	MS	FDN	SDN	MS	FDN	SDN
Feno de Alfafa	7,7 AaB	5,8 AaB	8,6 BaC	7,0 AbA	4,9 AbC	12,7 AaB	5,6 AaB	5,5 AaB	7,2 BaB
Feno de Coast cross	3,7 AaC	5,8 BaB	2,9 AaD	3,9 AbB	8,7 AaB	3,6 AbC	4,3 AaB	4,7 BaB	3,8 AaA
Silagem de Milho	4,6 AaC	5,8 AaB	5,2 BaD	3,4 AaB	3,2 AaC	6,0 BaC	4,0 AbB	3,3 AbB	14,5 AaA
Silagem de Capim	4,4 AaC	5,8 AaB	6,3 AaD	3,7 AaB	4,6 AaC	5,5 AaC	3,5 AaB	6,0 AaB	3,3 AaA
Farelo de Trigo	6,7 AaC	5,3 AaB	7,3 AaC	5,5 AaA	5,0 AaC	6,0 AaC	6,8 AaB	6,1 AaB	6,9 AaA
Farelo de Algodão	7,8 AbB	3,0 AcB	26,9 AaA	2,9 BbB	3,3 AbC	14,6 BaB	3,9 BbB	4,7 AbB	14,4 BaB
Caroço de Algodão	11,5 AbA	3,3 AcB	28,9 BaA	6,0 BbA	3,6 AbC	24,7 CaA	12,4 AbA	3,9 AcB	40,1 AaA
Farelo de Soja	8,0 AbB	5,6 AbB	11,9 AaB	8,7 AaA	4,5 AbC	12,0 AaB	7,7 AaB	4,3 AaB	6,6 BaB
Fubá de Milho	5,5 AbC	9,7 BaA	5,4 AbD	4,5 AbB	27,9 AaA	4,5 AbC	6,0 AbB	10,0 BaA	6,0 AbA
Polpa Cítrica	6,7 AaC	4,2 AbB	8,6 AaC	6,0 AaA	5,8 AaC	8,4 AaC	5,6 AaB	3,8 AaB	6,5 AaA

**Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Scott & Knott a 5%. Nas colunas, letras maiúsculas para diferenciar as espécies dentro de cada fração, para cada alimento; letras minúsculas para diferenciar as frações dentro de cada espécie, para cada alimento. Nas linhas, letras maiúsculas em negrito para diferenciar os alimentos dentro de cada espécie, para cada fração.**

Na Tabela 3 verifica-se também que para os alimentos concentrados, a maior taxa de degradação ocorreu na fração solúvel em detergente neutro (SDN), para qualquer espécie estudada. Essa fração compreende os carboidratos não-estruturais, representados pelos açúcares solúveis em água (mono e dissacarídeos), ácidos orgânicos, amido e pectina, que são rápida e completamente digeríveis no trato gastrointestinal. Para os alimentos volumosos, as taxas de degradação somente foram diferentes entre as frações, para ovinos e caprinos, ou seja, a fração solúvel (SDN) apresentou maior taxa de degradação.

Nas três espécies, o feno de coast cross e o fubá apresentaram maiores taxas de degradação para a FDN em relação à SDN. Isso pode ser explicado pelo fato de que o volume acumulado de gás para a SDN foi obtido pela diferença entre o volume observado para a MS e FDN (“curva de subtração”). Assim, pode ter ocorrido, por exemplo, uma variabilidade associada ao inóculo utilizado para incubar a FDN e a MS.

### CONCLUSÕES

A técnica de produção de gás permitiu estimar as taxas de digestão das frações insolúveis e, principalmente, das frações solúveis dos carboidratos totais.

Bovinos, ovinos e caprinos mostraram habilidades semelhantes quanto à degradação ruminal de alimentos.

A fração solúvel em detergente neutro (SDN) foi a que contribuiu com a maior produção de gás, apresentando também maior taxa de degradação, sendo essa a principal fonte de energia para o crescimento microbiano.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. **Official methods of the Association of Official Analytical Chemist**. 15. ed. Washington, 1990. v. 1, 684 p.
- BLÜMMEL, M.; ØRSKOV, E. R. Comparison of gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 40, p. 109-119, 1993.
- EUCLYDES, R. F. **Manual de utilização do programa SAEG: sistema para análises estatísticas e genéticas**. 2. ed. Viçosa : UFV, 1997. 150 p.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: SIB, 2000. p. 255-258.
- GIHAD, E. A.; EL-BEDAWY, T. M.; MEHREZ, A. Z. Fiber digestibility by goats and sheep. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 63, n. 10, p. 1701-1706, Oct. 1980.
- KHAZAAL, K.; DENTINHO, M. T.; RIBEIRO, J. M. et al. Prediction of apparent digestibility and voluntary intake of hays fed to sheep: comparison between using fiber components, *in vitro* digestibility or characteristics of gas production or nylon bag degradation. **Animal Science**, Edinburgh, v. 61, n. 3, p. 527-538, Dec. 1995.
- MAKKAR, H. P. S.; BLÜMMEL, M.; BECKER, K. *In vitro* effects and interactions between tannins and saponins and fate of tannins in the rumen. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 69, n. 4, p. 481-493, Dec. 1995.
- MALAFIAIA, 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. 85 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- McDOUGAL, E. I. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep’s saliva. **Biochemical Journal**, London, v. 43, n. 1, p. 99-109, 1949.
- MENKE, B. K. H.; RAAB, L.; SALEWSKI, A. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 93, n. 1, p. 217-223, Aug. 1979.
- PELL, A. N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 4, p. 1063-1073, Apr. 1993.
- SCHOFIELD, P.; PELL, A. N. Measurement and kinetic analysis of the neutral detergent-soluble carbohydrate fraction of legumes and grasses. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 3455-3463, 1995.

---

SCHOFIELD, P.; PITT, R. E.; PELL, A. N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 11, p. 2980-2991, Nov. 1994.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 2. ed. Viçosa: UFV, 1990. 165 p.

THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 48, p. 185-197, 1994.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the digestion of forage crops. **Journal British Grassland Society**, Aberystwyth, v. 18, p. 104-111, 1963.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476 p.