

Degradabilidade *in situ* da matéria seca, da proteína bruta e da fibra de alguns alimentos

Luciano da Silva Cabral⁽¹⁾, Sebastião de Campos Valadares Filho⁽²⁾, Joanis Tilemahos Zervoudakis⁽¹⁾, Alexandre Lima de Souza⁽¹⁾ e Edenio Detmann⁽²⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Mato Grosso, Fac. de Agronomia e Medicina Veterinária, Dep. de Zootecnia e Extensão Rural, Av. Fernando Corrêa da Costa, s/nº, Coxipó, CEP 78060-900 Cuiabá, MT. E-mail: cabralls@cpd.ufmt.br, joanis@pop.com.br, alexandre2001@yahoo.com.br
⁽²⁾Universidade Federal de Viçosa, Dep. de Zootecnia, Av. P. H. Rolfs, s/nº, CEP 36571-000 Viçosa, MG. E-mail: valadaresfilho@ufv.br, detmann@ufv.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi determinar os parâmetros cinéticos da degradação, *in situ*, da matéria seca, da proteína bruta e da fibra em detergente neutro das silagens de milho e de capim-elefante, do feno de capim-Tifton 85 e do farelo de soja. Foram utilizados três bovinos adultos, fistulados no rúmen, com peso vivo médio de 400 kg. Os alimentos foram pesados em sacos de náilon, incubados todos de uma vez e retirados nos tempos 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48 e 72 horas, após a incubação dos volumosos, e 0, 2, 4, 8, 16, 24 e 48 horas, após incubação do farelo de soja. Os resíduos dos sacos foram analisados quanto ao conteúdo de matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro. A matéria seca e a proteína bruta do farelo de soja apresentaram potencial de degradação elevado, assim como a proteína bruta da silagem de milho. Destacou-se a elevada fração não-degradável da fibra em detergente neutro do feno de capim-Tifton 85 e, portanto, sua baixa degradabilidade potencial da matéria seca. O teor de fibra em detergente neutro e suas características cinéticas exercem acentuado efeito sobre a digestão dos alimentos.

Termos para indexação: parâmetros cinéticos, volumosos, taxa de degradação.

In situ degradability of dry matter, crude protein and fiber of some feeds

Abstract – The objective of this work was to determine the kinetic parameters of the dry matter *in situ* degradation, crude protein and neutral detergent fiber for corn silage, elephant-grass silage, Tifton-85 grass hay and soybean meal. Three rumen cannulated cattle were used, with mean liveweight of 400 kg. Feeds were weighted in nylon bags, and incubated in the rumen at once. Roughages were removed at 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48 and 72 hours, and soybean meal at 0, 2, 4, 8, 16, 24 and 48 hours after incubation. Residues in the bags were analyzed for dry matter, crude protein and neutral detergent fiber. Dry matter and crude protein of soybean meal presented highly degradable potential, as well as crude protein of corn silage. Tifton-85 grass hay presented high indigestible neutral detergent fiber fraction and therefore, low potential dry matter degradation. Amount of the neutral detergent fiber and its kinetic characteristic has a marked effect on digestion of feeds.

Index terms: kinetic parameters, roughage, degradation rate.

Introdução

O rúmen representa o principal local onde ocorre a digestão dos constituintes dietéticos nos ruminantes, a qual é efetuada pela numerosa população microbiana desse compartimento (Soest, 1994). Esse evento permite aos ruminantes o consumo e utilização de alimentos fibrosos com maior eficiência do que em outros animais.

O desempenho produtivo dos animais é resultante de seu potencial genético, dos fatores do ambiente de criação e da interação entre esses (Soest, 1994). Dos fatores

relacionados ao ambiente de criação, a alimentação merece destaque, pois representa a forma pela qual os animais adquirem os nutrientes necessários às diversas funções vitais e produtivas. Adicionalmente, representa pelo menos 60% do custo de produção dos animais e apresenta grande impacto sobre a economia do sistema de produção.

O conhecimento do valor nutritivo dos alimentos que compõem a dieta dos animais torna-se imperativo, pois pode proporcionar a adequação de dietas, que otimizem o desempenho produtivo e reduzam o custo de produ-

ção, bem como as perdas energéticas e de compostos nitrogenados (N) associados à digestão e ao metabolismo dos nutrientes (Cabral, 2002). Como fator de complicação, os alimentos volumosos, principalmente aqueles de origem tropical, apresentam grande variação em sua composição e na taxa de degradação de seus componentes, conforme a espécie forrageira, idade da planta, época do ano, adubação do solo e manejo empregado (Soest et al., 1991; Soest, 1994).

As gramíneas tropicais, embora apresentem alta produtividade, quando comparadas àquelas de clima temperado, acumulam ao longo do ciclo de crescimento elevada proporção de parede celular que, nutricionalmente, denominamos de fibra em detergente neutro. Essa fração apresenta, de modo geral, lenta e incompleta digestão, ocupa espaço no trato gastrointestinal (Mertens, 1996) e é a principal responsável pela variação na digestão dos alimentos tropicais, além de exercer efeito marcante sobre o consumo de alimentos (Soest, 1994; Mertens, 1996).

Nos atuais sistemas de adequação de dietas para ruminantes (NRC, 2001) são necessárias informações relativas às proporções das frações dos alimentos, bem como de suas taxas de digestão, no sentido de sincronizar a disponibilidade de energia e N no rúmen, maximizar a eficiência microbiana, a digestão dos alimentos, e reduzir as perdas decorrentes da fermentação ruminal.

Entre os métodos de avaliação de alimentos, a técnica *in situ* tem se destacado, por ser precisa e apresentar menor custo e labor do que as técnicas *in vivo* (Nocek, 1988).

O presente trabalho objetivou a determinação dos parâmetros cinéticos da degradação da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro das silagens de milho e de capim-elefante, do feno de capim-Tifton 85 e do farelo de soja.

Material e Métodos

Os alimentos avaliados foram: as silagens de milho (*Zea mays* L.) e de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) variedade Cameroon, o feno de capim-Tifton 85 (*Cynodon* spp.) e o farelo de soja. O milho utilizado para ensilagem, híbrido AG 1051, foi adquirido junto a um produtor do Município de Viçosa, MG, colhido aos 110 dias após a germinação, quando os grãos atingiram o estágio farináceo-duro, e o capim-elefante foi cultivado em área experimental do Dep.

de Zootecnia da UFV, cortado com idade aproximada de 120 dias. O capim-Tifton 85 foi cultivado em área experimental da UFV, na região de Capinópolis, MG, cortado para fenação com aproximadamente 80 dias.

As silagens de milho e de capim-elefante foram pré-secadas em estufas de ventilação forçada, a 55°C, durante 72 horas. Posteriormente, as amostras de silagem, assim como de feno de capim-Tifton 85 e de farelo de soja foram moídas em moinho, com peneira de porosidade de 1 mm de diâmetro, para posteriores análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), e extrato etéreo (EE), conforme Silva & Queiroz (2002). A análise de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), nos alimentos, foi feita conforme Soest et al. (1991), bem como nos resíduos de alimentos contidos nos sacos de náilon, para os diversos tempos de incubação.

Para a incubação *in situ*, foram utilizados três bovinos fistulados no rúmen, com peso vivo médio de 400 kg, mantidos em pastagens de *Brachiaria decumbens* e suplementados com ração concentrada. As amostras dos volumosos foram moídas em peneira de 5 mm e as de farelo de soja em peneira de 2 mm. Os alimentos moídos foram pesados em sacos de náilon, de modo a proporcionar cerca de 10 a 20 mg de amostra cm⁻² de área útil dos sacos (Nocek, 1988), em duplicata para cada alimento, em que cada animal representou uma repetição. Os sacos foram inseridos no rúmen, ao mesmo tempo, e removidos 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48 e 72 horas, após a incubação dos volumosos, e 0, 2, 4, 8, 16, 24 e 48 horas, após a incubação do farelo de soja, conforme NRC (2001).

Para os volumosos, foi determinada a degradação da MS, da PB e da FDN, e para o farelo de soja, foram estudados somente os parâmetros cinéticos da degradação da MS e da PB (NRC, 2001).

Na estimativa dos parâmetros cinéticos da MS e PB, foi utilizado o modelo assintótico de primeira ordem $Deg(t) = a + b(1 - e^{-ct})$, proposto por Orskov & McDonald (1979), em que $Deg(t)$ representa a degradabilidade ou o desaparecimento do nutriente (MS, PB ou FDN) do alimento, expressa em porcentagem; a é a fração do alimento solúvel em água no tempo zero; b é a fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável no rúmen em determinado tempo; c é a taxa de degradação da fração potencialmente degradável no rúmen (b); t é o tempo de incubação (horas).

Na estimativa de degradabilidade da FDN utilizou-se o modelo proposto por Waldo et al. (1972),

$R(t) = D(e^{-ct}) + I$, em que $R(t)$ representa o resíduo de incubação no tempo t (horas); D é a fração da FDN potencialmente degradável no rúmen; c é a taxa de degradação da fração D ; I é a fração não-degradável da FDN.

As curvas de degradação para a MS, PB e FDN dos alimentos avaliados, para cada animal utilizado, foram submetidas ao ajuste pelos respectivos modelos, utilizando-se o procedimento "Regressão de Marquardt" do software SAEG (1995), o que permitiu a obtenção das estimativas dos parâmetros analisados.

Resultados e Discussão

Na composição químico-bromatológica dos alimentos avaliados, destacou-se o baixo teor de FDN da silagem de milho, contrariamente ao do feno de capim-Tifton 85 (Tabela 1).

Quanto aos parâmetros cinéticos da degradação da matéria seca (MS), nota-se que a fração solúvel em água no tempo zero (a) foi mais representativa para o farelo de soja e silagem de milho, do que para o feno de capim-Tifton 85 (Tabela 2). Quanto à fração b , o farelo de soja e a silagem de milho destacaram-se pelos elevados valores, e no somatório das frações a e b , ou seja, na degradação potencial, a matéria seca do feno de capim-Tifton 85 e a silagem de capim-elefante apresentaram reduzida degradabilidade ruminal da MS ($a + b$) (61,90% e 64,90%).

Quando se compara a digestibilidade aparente total da MS, observada in vivo por Cabral (2002) de 66,28%, 49,89% e 53,23%, respectivamente, para as dietas à base de silagem de milho, feno de capim-Tifton 85 e silagem de capim-elefante, com a degradabilidade efetiva de 67,05%, 49,02% e 51,05%, para as mesmas dietas, calculada pelos parâmetros cinéticos estimados pela técnica in situ, considerando-se taxa de passagem ruminal

Tabela 1. Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CT) e fibra em detergente neutro (FDN) obtidos na silagem de milho, feno de capim-Tifton 85, silagem de capim-elefante (SCE) e farelo de soja (FS).

Variáveis	Silagem de milho	Feno de capim-Tifton 85	Silagem de capim-elefante	Farelo de soja
MS (%)	25,65	86,00	18,34	88,00
PB ⁽¹⁾	7,31	5,00	6,53	47,58
MM ⁽¹⁾	5,79	6,83	11,18	5,84
EE ⁽¹⁾	2,49	1,37	1,52	1,52
CT ⁽¹⁾	84,40	86,80	80,76	45,05
FDN ⁽¹⁾	56,58	87,63	75,42	11,57

⁽¹⁾Porcentagem na matéria seca.

da digesta de 2% hora⁻¹, nota-se a consistência da técnica in situ na estimativa do valor nutritivo dos alimentos. Cabe ressaltar que as dietas avaliadas por Cabral (2002) eram compostas de 90% de volumosos e 10% de farelo de soja.

Os valores encontrados para as frações a e b da MS, para a silagem de milho (26,73% e 57,15%) e para o farelo de soja (32,55% e 67,45%), estão próximos aos valores encontrados por Valadares Filho (1995) de 23,32% e 57,15% e, 26,41% e 71,19%, respectivamente.

Valadares Filho et al. (2001) encontraram valores de 17,67% e 53,36%, respectivamente, para as frações a e b da MS para o feno de capim-Tifton 85, os quais estão próximos aos valores apresentados neste trabalho.

A matéria seca do farelo de soja destacou-se quanto às taxas de degradação, pela elevada velocidade de hidrólise; entre os volumosos, para esse parâmetro, a silagem de capim-elefante apresentou, em termos numéricos, a menor estimativa (Tabela 2).

A proteína na forma solúvel em água do farelo de soja apresentou pequena fração a , e cerca de metade da PB das silagens de milho e de capim-elefante também se apresentaram como fração a . Provavelmente, grande parte dessa fração, nas silagens, seja representada por compostos nitrogenados não-protéicos (NNP), ou fração a (Sniffen et al., 1992; Soest, 1994; Cabral et al., 2002, 2003). O farelo de soja também destacou-se pela elevada proporção da fração b e pela elevada taxa de degradação dessa fração. Entre os alimentos volumosos, a fração insolúvel potencialmente digestível da PB da silagem de milho destacou-se pela elevada taxa de degradação.

Considerando-se a elevada taxa de digestão da proteína do farelo de soja no rúmen, a utilização desse alimento deve ser concomitante ao fornecimento de carboidratos de rápida fermentação, como fubá de milho, farelo de trigo, entre outros. Essa prática pode con-

Tabela 2. Valores médios estimados das frações solúvel em água (a) e insolúvel potencialmente digestível no rúmen de bovinos (b) e das taxas de degradação da fração insolúvel potencialmente degradável no rúmen (c), da matéria seca e proteína bruta da silagem de milho, feno de capim-Tifton 85, silagem de capim-elefante e farelo de soja.

Parâmetros	Silagem de milho	Feno de capim-Tifton 85	Silagem de capim-elefante	Farelo de soja	CV (%)
Matéria seca					
a	26,73	10,84	16,68	32,55	3,20
b	57,15	51,06	48,22	67,45	4,77
c	0,0390	0,0386	0,0325	0,1144	21,83
Proteína bruta					
a	46,74	18,08	56,00	13,35	20,41
b	42,65	45,00	14,00	86,50	4,04
c	0,0756	0,0361	0,0250	0,1368	16,85

tribuir para minimizar as possíveis perdas de compostos nitrogenados (N) do rúmen, decorrentes da falta de sincronização entre a disponibilidade de N e energia, quando os alimentos volumosos são a única fonte de energia no rúmen (Russell et al., 1992).

Quanto aos parâmetros cinéticos, estimados para a FDN, destacou-se a elevada degradabilidade da silagem de milho, entretanto, em comparação, foi a que apresentou a menor taxa de degradação; houve elevada fração indigestível (I) do feno de capim-Tifton 85 e, também, elevada taxa de degradação da FDN potencialmente digestível (D) desse capim (Tabela 3).

Nas Tabelas 2 e 3, também podem ser observados os elevados valores para o coeficiente de variação (CV), do parâmetro taxa de degradação ruminal (c), que podem ser atribuídos aos erros inerentes à técnica *in situ*, relacionadas à porosidade dos sacos, influxo e efluxo variável das partículas, variação da contaminação microbiana e erros de pesagem que se sucedem ao longo do tempo de incubação, o que afeta a inclinação das curvas de degradação e, com isso, as taxas estimadas (Nocek, 1988).

Analisando-se os dados da Tabela 3, considerando-se que os carboidratos fibrosos (CF = FDN) são os principais componentes dos volumosos tropicais, tais como o feno de capim-Tifton 85 e a silagem de capim-elefante, e que apresentam lenta e incompleta digestão no trato gastrointestinal dos ruminantes (Mertens, 1996), pode-se sugerir que esses compostos são os grandes responsáveis pela baixa digestibilidade desses alimentos, conforme Soest (1967) e Cabral (2002). Assim, o conhecimento das frações que compõem a FDN (D e I) é fundamental, pois pode-se presumir que a fração não-degradável (I) tenha considerável efeito sobre a indigestibilidade dos alimentos. Os dados da Tabela 3 podem ser aplicados, inclusive, na tentativa de explicar a variação entre alimentos na degradabilidade potencial da MS (a + b), pois a FDN representa a maior proporção da MS dos alimentos estudados e exerce, provavelmente, elevado efeito sobre a digestão ruminal desses.

Tabela 3. Valores médios estimados das frações potencialmente degradável da FDN no rúmen de bovinos (D) e não-degradável (I) e das taxas de degradação (c) da silagem de milho, feno de capim-Tifton 85 e silagem de capim-elefante.

Parâmetros	Silagem de milho	Feno de capim-Tifton 85	Silagem de capim-elefante	CV (%)
D	65,00	57,54	60,41	3,82
I	28,54	40,89	36,18	9,38
c	0,0281	0,0525	0,0372	10,95

A determinação das frações de FDN, potencialmente degradável e não-degradável, auxilia na estimativa do teor de nutrientes digestíveis totais (NDT), que conforme NRC (2001), é função, principalmente do teor de FDN do alimento e das suas frações (D e I).

Em experimento com bovinos mestiços (Zebu-Holandês), Cabral (2002) determinou o NDT de dietas à base de silagem de milho, de feno de capim-Tifton 85 e silagem de capim-elefante e encontrou os valores de 69,09%, 52,42% e 55,54%, respectivamente, que foram relacionados negativamente ao teor de FDN e à sua fração indigestível.

Conclusões

1. Entre os volumosos, destaca-se a silagem de milho pela elevada fração "a" e o maior potencial de degradação de matéria seca, contrariamente ao feno de capim-Tifton 85.
2. O feno de capim-Tifton 85 destaca-se pela elevada fração indigestível da FDN.

Referências

- CABRAL, L.S. **Avaliação de alimentos para ruminantes por intermédio de métodos *in vivo* e *in vitro***. 2002. 137p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T.; PEREIRA, O.G.; NUNES, P.M.M.; VELOSO, R.G.; PEREIRA, E.S. Cinética ruminal das frações de carboidratos, produção de gás, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e NDT estimado da silagem de milho com diferentes proporções de grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.2332-2339, 2002.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T.; PEREIRA, O.G.; NUNES, P.M.M.; VELOSO, R.G.; PEREIRA, E.S. Composição químico-bromatológica, produção de gás, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e NDT estimado da silagem de sorgo com diferentes proporções de panículas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1250-1258, 2003.
- MERTENS, D.R. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. In: INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGE INDUSTRIES, 1996, Wisconsin, USA. Wisconsin, [s.ed.], 1996. **Proceedings**, p.81-92.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington, D.C: National Academy Press, 2001. 381p.
- NOCEK, J. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.2051-2069, 1988.
- ORSKOV, D.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted

- according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.
- RUSSELL, B.J.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.J.; SOEST, P.J. van; SNIFFEN, C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3551-3581, 1992.
- SAEG. **Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Viçosa: UFV, 1995. 52p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UDV/DZO, 2002. 235p.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, D.J.; SOEST, P.J. van; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.
- SOEST, P.J. van. Development of a comprehensive system of feed analysis and its applications to forages. **Journal of Animal Science**, v.26, p.119-128, 1967.
- SOEST, P.J. van. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476p.
- SOEST, P.J. van; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.
- VALADARES FILHO, S.C. Microbial protein synthesis, crude protein, ruminal degradation and intestinal digestibility in cattle. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE NUTRITIONAL REQUIREMENTS OF RUMINANTS, 1995, Viçosa. **Proceedings**. Viçosa: UFV, 1995. p.201-234.
- VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; CAPELLE, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa: UFV/DZO; DPI, 2001. 297p.
- WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, L.E. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.55, p.125-129, 1972.

Recebido em 29 de janeiro de 2004 e aprovado em 2 de março de 2005