

Degradabilidade *in situ* da matéria seca e da fração fibra da cana-de-açúcar fresca ou ensilada e da silagem de milho em diferentes ambientes ruminais

Vanessa Pillon dos Santos¹, Carla Maris Machado Bittar^{2*}, Luiz Gustavo Nussio², Lucas Silveira Ferreira¹, Gerson Barreto Mourão² e Maity Zopollatto²

¹Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Zootecnia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: carla@esalq.usp.br

RESUMO. O presente trabalho teve como objetivo determinar degradabilidades *in situ* da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) da cana-de-açúcar *in natura* (CF) ou ensilada (SC) e da silagem de milho (SM) em diferentes ambientes ruminais, utilizando a técnica *in situ macro-bag*. Foram utilizadas duas vacas canuladas, alimentadas com rações formuladas de maneira a serem obtidos diferentes ambientes ruminais, de acordo com os volumosos: CF ou SC. A degradabilidade *in situ* dos volumosos foi avaliada utilizando-se sacos com poros de 50 μ m, medindo 20 x 40 cm, sendo os volumosos incubados *in natura* nos horários 0, 12, 24, 48, 72 e 96h. Os ambientes ruminais consistiram de um arranjo hierárquico 3 x 2 (3 forragens x 2 ambientes ruminais). Amostras de fluido ruminal foram colhidas para a determinação do pH e nitrogênio amoniacal. O horário de colheita afetou significativamente o pH ruminal. Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) para as frações solúveis (a), potencialmente degradáveis, não-degradáveis e degradação potencial da MS. Para a degradação FDN e FDA dos volumosos incubados nos diferentes ambientes ruminais, diferenças ($p < 0,05$) foram observadas apenas para a fração "a". O ambiente ruminal resultante do fornecimento de rações contendo SC foi benéfico à degradabilidade dos alimentos estudados.

Palavras-chave: ambiente ruminal, degradabilidade efetiva, degradabilidade potencial, fermentação, inóculo, *macro-bag*.

ABSTRACT. *In situ* degradability of dry matter and fiber fraction of fresh or ensiled sugar cane and corn silage under different ruminal conditions. The objectives of this study were the *in situ* dry degradability (ISD) determination of dry matter (DM), organic matter (OM), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) of fresh (FSC) or ensiled sugar cane (SCS), as well as corn silage (CS), under different ruminal conditions. Two Holstein cows fitted with ruminal canulas were utilized (live weight of 450 kg) and fed diets formulated to obtain different ruminal conditions by the inclusion of two forage sources: FSC or SCS. The ISD nutrients were evaluated by the use of 20 x 40 cm nylon bags, with 50 μ m porosity, being the different forages incubated *in natura* at 0, 12, 24, 48, 72 and 96 hours. Treatments consisted of a 3 x 2 hierarchy design (3 forages x 2 ruminal conditions). Rumen fluid samples were taken for the evaluation of rumen pH and ammonia-N. Sampling time significantly affected ruminal pH ($p < 0.05$). Differences were observed ($p < 0.05$) for the soluble fraction (a), potentially degradable fraction, undegradable fraction and potential degradability of the DM of the forages. As for degradation of NDF and ADF of forages incubated under different ruminal conditions, differences ($p < 0.05$) were observed only for the "a" fraction. The ruminal condition resulting from ensiled sugar cane was favorable for the degradability of the evaluated forages.

Key words: ruminal condition, effective degradability, potential degradability, fermentation, inoculum, *macro-bag*.

Introdução

A aplicação da técnica *in situ* para a estimativa da degradabilidade ruminal não é recente. Foi descrita pela primeira vez no final da década de 30, tendo

como objetivo determinar a taxa de degradação ou o desaparecimento das frações dos alimentos. Entretanto, seu aperfeiçoamento e sua avaliação vêm ocorrendo ao longo dos anos. Além de ser uma

técnica rápida e de fácil execução (Ørskov, 2000), requer pequena quantidade de amostra do alimento, permitindo contato íntimo do mesmo com o ambiente ruminal em condições reais de pH, tamponamento, substrato, microrganismos, entre outros, ainda que os alimentos não passem por todos os eventos digestivos (mastigação, ruminação e passagem) (Ørskov e McDonald, 1979; Ørskov e Hovell, 1980).

Como alternativa de avaliação da degradabilidade de forragens conservadas, tem-se a determinação *in situ macro-bag*. Nesta técnica, os alimentos são incubados em sua forma “*in natura*”, sem secagem ou moagem, de maneira a reduzir perdas de componentes solúveis e ácidos orgânicos (Huntington e Givens, 1995). Andrae *et al.* (2001), realizaram ensaios de digestibilidade *in vivo* e *in situ* da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), com o objetivo de avaliar híbridos de milho, utilizando-se a técnica *in situ macro-bag* (25 x 30 cm). Os tempos de incubação foram de 0, 8, 16, 24, 48 e 96h. Os autores observaram que o desaparecimento da MS, FDN e FDA apresentaram-se consistentes quando comparados com as respostas *in vivo*.

Atualmente, as informações referentes ao perfil de degradação ruminal dos alimentos que compõem as rações dos ruminantes são de elevada importância, para que as respostas econômicas resultantes de modificações biológicas sejam elucidadas. As curvas de desaparecimento de cada fração dos alimentos retratam a cinética de degradação ruminal (Ørskov, 1982).

Neste sentido, objetivou-se determinar a degradabilidade *in situ* da MS, FDN e FDA da cana-de-açúcar *in natura* (CF) e ensilada (SC), bem como da silagem de milho (SM) em diferentes ambientes ruminais, utilizando a técnica *in situ macro-bag*.

Material e métodos

O ensaio experimental foi realizado no Departamento de Zootecnia – Setor de Ruminantes e Laboratório de Bromatologia, da Universidade de São Paulo, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP/Esalq). Foram utilizadas duas vacas Holandesas não-lactantes, com peso médio de 450 kg, providas de cânula ruminal permanente. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas individuais do tipo *tie-stall*, providas de bebedouro automático e comedouro.

As rações experimentais eram isoprotéicas e isoenergéticas, formuladas segundo o NRC (2001),

com inclusão de diferentes volumosos com o intuito de obter diferentes ambientes ruminais. As rações continham 40% de cana fresca ou ensilada, além de 8% de milho moído, 12,9% de polpa cítrica, 10% de caroço de algodão, 12% de farelo de algodão, 14,02% de farelo de soja e 3,08 de premix mineral e vitamínico, contendo bicarbonato de sódio. As rações apresentaram, aproximadamente, 45% de MS, 9% de proteína bruta (PB), 50% de FDN e 31,5% de FDA. Dessa forma, foram criados dois ambientes ruminais experimentais em resposta do fornecimento das rações que continham cana fresca ou ensilada.

O período experimental consistiu de dois subperíodos de 15 dias de duração cada. As rações foram fornecidas aos animais como mistura completa, ofertadas duas vezes ao dia (8 e 18h), em quantidade suficiente para permitir cerca de 10% de sobras. Os ambientes ruminais foram obtidos por meio das rações compostas pela cana-de-açúcar *in natura* ou ensilada. A silagem de cana-de-açúcar aditivada com *Lactobacillus buchneri*, fornecida aos animais, foi retirada de silo tipo poço, diariamente, e a cana-de-açúcar fresca foi colhida em área pertencente à USP/Esalq, em dias intercalados. A picagem da cana fresca foi realizada em picadora estacionária regulada para corte de tamanho de partícula de 1,0 cm no momento do fornecimento aos animais. Para estudo da degradabilidade *in situ* da MS, FDN e FDA, a cana de açúcar fresca (CF) ou ensilada (SC) e a silagem de milho (SM) foram incubadas no rúmen dos animais utilizando-se sacos confeccionados de tecido náilon, com poros de 50 μ m e área de 20 x 40 cm (*macro-bag*). Foram pesados, aproximadamente, 70 g dos volumosos *in natura* (cerca de 20 g de MS), ou seja, sem prévia moagem ou secagem (Huntington e Givens, 1995) nos sacos em triplicata. Após a pesagem dos alimentos, os sacos foram selados e amarrados ao meio com a utilização de linha de náilon. Os sacos eram então refrigerados e retirados somente 2h antes do horário da incubação.

Os sacos foram incubados em ordem cronológica reversa, nos tempos 0, 12, 24, 48, 72 e 96h, realizando-se a retirada dos sacos simultaneamente (Campos *et al.*, 2004). Os sacos referentes ao tempo zero não foram incubados nos animais, mas foram lavados simultaneamente aos demais. Após a lavagem, os sacos foram secos em estufa de circulação forçada de ar regulada para 65°C por 48h para posterior pesagem.

Os resíduos obtidos das triplicatas de cada tempo e os alimentos incubados foram moídos em moinho tipo “Willey” providos de peneira com

malha de 1 mm de diâmetro, para as determinações químico-bromatológicas e cálculos das curvas de degradação. Foram determinados os teores de MS a 105°C por 12h e de cinzas a 600°C (Campos *et al.*, 2004), FDN e FDA por meio do método seqüencial (Van Soest *et al.*, 1991). A composição químico-bromatológica dos alimentos incubados se encontra na Tabela 1.

Tabela 1. Médias da composição químico-bromatológica dos volumosos incubados.

Table 1. Chemical composition of incubated forages.

	Volumosos Forages		
	Cana in natura Chopped sugar cane	Silagem de cana Sugar cane silage	Silagem de milho Corn silage
Matéria Seca, % Dry matter, %	29,89	31,34	27,48
Fibra em Detergente Neutro, % MS	58,73	55,25	62,28
Neutral detergent fiber, % DM	36,82	36,44	31,85
Fibra em Detergente Ácido, % MS Acid detergent fiber, % DM			

A equação utilizada para obtenção das curvas de degradação para os alimentos foi: $DP = a + b(1 - e^{-ct})$ (Mehrez *et al.*, 1977), em que: DP = degradabilidade potencial (%), a = fração rapidamente solúvel, b = fração insolúvel potencialmente degradável do alimento; c = constante da taxa de degradação da fração b (%/hora); t = tempo de incubação (horas). Para o cálculo da degradabilidade efetiva (DE) dos alimentos, foi utilizada a seguinte equação: $DE = a + [(b \times c) / (c + kp)]$, em que, kp = representa a taxa de passagem da digesta do rúmen (%/hora) (Ørskov e McDonald, 1979). A taxa de passagem da fase sólida adotada foi de 5% h⁻¹, seguindo sugestões de Huntington e Givens (1995), uma vez que no presente experimento não foram mensuradas as taxas de passagens dos alimentos. Além da fração “a”, “b”, c% h⁻¹, DP e DE, outra variável estimada foi a fração não-degradável (C), a qual foi obtida a partir do material resultante do maior tempo (96h), ou seja: $C = 100 - \text{tempo } 96$.

Em cada ambiente ruminal, resultante do fornecimento das duas rações, foram incubados os três volumosos testados: CF, SC e a SM. Os tratamentos consistiram em um arranjo hierárquico 3 x 2 (três volumosos dentro de dois ambientes ruminais), com medidas repetidas nos mesmos animais. Os dados de degradabilidade da MS, FDN e FDA foram analisados por meio de um modelo misto com o procedimento Mixed do programa estatístico SAS (2000). Incluíram-se os efeitos de ambientes ruminais e alimentos incubados nos

ambientes ruminais, além do efeito de animal como aleatório, utilizando-se a estrutura de covariância simétrica composta. As variáveis estudadas foram as frações “a”, “b”, C, c% h⁻¹, DP e DE. Para a comparação de médias dos efeitos que apresentaram diferenças significativas (p < 0,05), utilizou-se o teste t de Student.

Para avaliação do ambiente ruminal, resultante de cada ração experimental, amostras de fluido ruminal foram colhidas a cada 2h durante período de 12h a começar do horário de fornecimento da dieta, para determinação do pH e do N-NH₃ (Campos *et al.*, 2004). As variáveis dos parâmetros ruminais foram analisadas por meio da análise de covariância do procedimento Mixed do programa estatístico SAS (2000), utilizando o teste t de Student a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

A Figura 1 apresenta a evolução temporal dos ambientes ruminais CF e SC sobre o pH e N-NH₃. O valor médio de pH não foi afetado pelos ambientes ruminais (p > 0,05), sendo a média geral de 6,35. Segundo Van Soest (1994), este valor não exerce influência negativa sobre o crescimento de bactérias fermentadoras de celulose. Os horários das coletas influenciaram o perfil do pH ruminal de forma significativa, como pode ser observado na Figura 1. A queda do pH ocorreu 2h após o fornecimento das rações experimentais pela manhã (tempo 2) e à tarde (tempo 12), confirmando o que normalmente ocorre após a ingestão de alimentos (Strobel e Russel, 1986).

Os menores valores de pH (5,88) observados podem ser considerados o limiar fisiológico para os ruminantes. Alcântara *et al.* (1989) alimentaram ovinos com cana-de-açúcar fresca, ensilada e ensilada com aditivos, e relataram que esses valores são típicos de dietas que apresentam em sua constituição grandes quantidades de cana-de-açúcar, possivelmente, decorrente da menor salivacão.

As concentrações de N-NH₃ ruminal nos diferentes ambientes ruminais não foram estatisticamente diferentes para nenhum dos efeitos estudados e apontam flutuações diurnas entre 5,28 e 17,05 mg dL⁻¹ (Figura 1), com média de 13,13 mg dL⁻¹. Estes dados demonstram que as rações fornecidas atenderam à exigência para o crescimento microbiano como descrito por Satter e Slytter (1974), de 5 mg de N-NH₃ dL⁻¹ no fluido ruminal como quantidade mínima adequada para promover a máxima síntese microbiana.

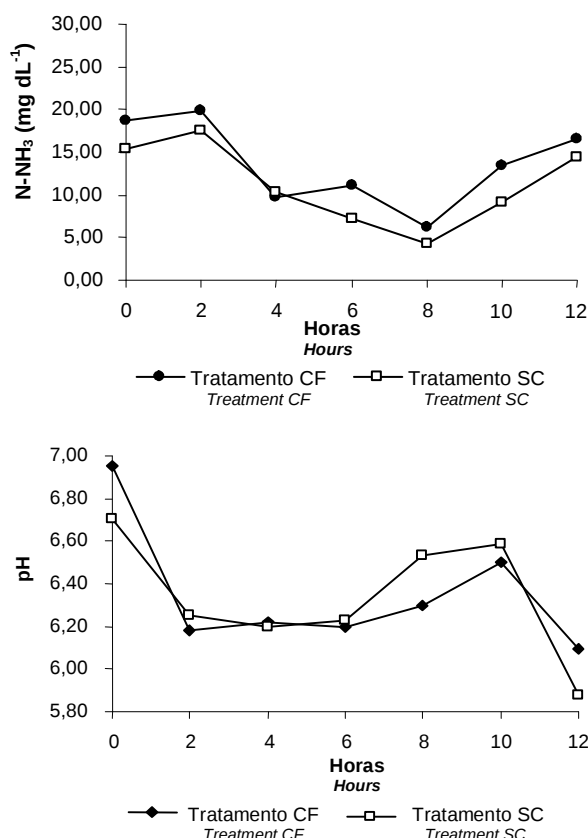


Figura 1. Evolução temporal dos ambientes ruminais: Cana Fresca (CF) e Silagem de Cana (SC) sobre o nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e pH.

Figure 1. pH and ammonia-N (N-NH₃) temporal evolution of fresh sugar cane (CF) and ensiled sugar cane (SC)

Segundo Huntington e Archibeque (1999), são principalmente as bactérias celulolíticas que têm a preferência pelo N disponível no rúmen. De acordo com a Figura 1, quando o pH ruminal se manteve entre 6,0 e 6,2, ambiente este considerado adequado para o crescimento de bactérias celulolíticas, as concentrações de N-NH₃ foram diminuídas, possivelmente pela utilização do N ruminal pelas bactérias.

Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) para as degradações das frações solúveis (a), potencialmente degradável (b), potenciais (DP) e não-degradável (C), dos alimentos avaliados (Tabela 2). O maior valor da fração solúvel da MS (43,69%) foi observado quando a CF foi incubada no rúmen de animais alimentados com rações contendo CF. No entanto, esses valores são inferiores aos encontrados na literatura e aos observados por Aroeira *et al.* (1993), que incubaram a cana-de-açúcar fresca com 1% de uréia em bovinos suplementados com farelo de algodão ou de arroz (54,40%). A maior fração “a” da CF, em relação aos outros alimentos incubados em ambos os ambientes ruminais, pode ter ocorrido pelo alto teor de açúcares solúveis deste volumoso, principalmente sacarose.

Assim, quando a CF foi incubada no ambiente ruminal referente à CF, maiores quantidades desses açúcares foram disponibilizados no rúmen. Desse modo, quando se compara a CF incubada no ambiente ruminal CF (43,69%) com a CF incubada no SC, esse valor mostra-se inferior (30,71%), pela menor disponibilidade de CHO proveniente da silagem de cana (McDonald *et al.*, 1991).

Tabela 2. Variáveis de degradabilidade *in situ* da matéria seca da cana-de-açúcar fresca, da silagem de cana e silagem de milho em diferentes ambientes ruminais.

Table 2. *In situ* dry matter degradability variables of fresh or ensiled sugar cane and corn silage incubated under different ruminal conditions.

Variáveis ¹ Variables	Ambiente ruminal ² Ruminal condition	Alimentos ³ Feeds			EPM ⁴ SEM
		CF	SC	SM	
a (%)	CF	43,69 ^{Aa}	31,56 ^C	37,84 ^{Aa}	1,31
	SC	30,71 ^b	35,34	34,79	
b (%)	CF	16,33 ^{Bb}	31,40 ^A	31,92 ^{Ab}	2,98
	SC	32,70 ^{Ba}	30,65 ^B	43,07 ^{Aa}	
C (%)	CF	39,99	37,05	30,25 ^a	2,59
	SC	36,60 ^A	34,02 ^A	22,15 ^{Bb}	
c (% h ⁻¹)	CF	0,64	2,85	3,06	0,46
	SC	4,03	3,35	2,63	
DP	CF	51,27 ^{Bb}	60,56 ^A	67,79 ^A	2,59
	SC	62,68 ^{Ba}	64,63 ^B	73,91 ^A	
DE (kp = 5% h ⁻¹)	CF	45,58	42,97	49,76	2,23
	SC	45,24	48,94	49,34	

¹Variáveis: a: fração solúvel; b: fração insolúvel potencialmente degradável; C: fração não-degradável; c: taxa de degradação; DP: degradação potencial; DE: degradação efetiva na taxa de passagem de 5% h⁻¹. ²Rações contendo cana-de-açúcar fresca (CF) ou silagem de cana aditivada (SC). ³Alimentos: CF: cana-de-açúcar fresca; SC: silagem de cana aditivada; SM: silagem de milho. ⁴EPM: erro-padrão da média. ^{A,B}Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste t de Student ($p < 0,05$). ^{a,b}Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, são estatisticamente diferentes pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

¹Variables: a: soluble fraction; b: insoluble potentially degradable fraction; C: undegradable fraction; c: degradation rate; DP: potential degradation; DE: effective degradation with passage rate of 5%/h. ²Diets containing fresh sugar cane (CF) or ensiled sugar cane (SC). ³Feeds: CF: fresh sugar cane; SC: ensiled sugar cane; SM: corn silage. ⁴SEM: Standard error of mean. ^{A,B}Values followed by a different letter in the same row are statistically different by Student's t-test ($p < 0,05$). ^{a,b}Values followed by a different letter in the same column are statistically different by Student's t-test ($p < 0,05$).

No presente ensaio, a fração “a” da silagem de milho nos dois ambientes ruminais foi superior (36,31%) à encontrada por Gimenes *et al.* (2006) (23,51%), que incubaram este volumoso seguindo a metodologia-padrão da técnica *in situ*. Essa diferença pode ter ocorrido devido a diferença entre as metodologias *in situ* utilizadas. Neste estudo, os alimentos foram incubados na sua forma *in natura*, ou seja, sem prévia secagem e moagem a 5 mm (Huntington e Givens, 1995). De acordo com a metodologia *in situ* macro-bag utilizada, é provável que tenha ocorrido lavagem dos açúcares solúveis que se encontram em maiores quantidades no material *in natura*, comparado com os resultados encontrados na literatura, nos quais as amostras são secas e moídas contra peneira de 5 mm.

Diferenças significativas também foram observadas para a fração “b” da MS ($p < 0,05$). A fração “b” da CF (16,33%) se assemelha com o encontrado por Aroeira *et al.* (1993) quando a cana-de-açúcar aditivada com 1% de uréia foi incubada no

rúmen de bovinos recebendo este alimento e suplementados com farelo de arroz (17,60%). No presente estudo, a menor fração “b” da CF pode estar relacionada à maior fração “a”, que foi superior no ambiente contendo a CF.

A Tabela 2 indica que a CF incubada no rúmen de animais consumindo silagem de cana apresentou maior fração “b” da MS do que quando incubada no ambiente ruminal CF. É provável que tal comportamento tenha ocorrido pela estabilização do pH (Figura 1), evento que apresenta efeito positivo na digestibilidade de alimentos, que se deu primeiramente para os animais alimentados com SC. Assim, o maior valor para a fração “b” da CF incubada no ambiente ruminal SC provavelmente ocorreu por esse comportamento. Os valores observados para a fração “b” da MS da SC nos dois ambientes ruminais corroboram os resultados encontrados por Schmidt (2006), que incubou a silagem de cana aditivada com *L. buchneri* em bovinos, observando valor de 32,40%.

A maior fração “b” da MS da silagem de milho, no ambiente ruminal SC, ocorreu possivelmente pelo seu alto teor de amido, visto que a silagem foi confeccionada utilizando-se a planta inteira. Por outro lado, este alimento não apresentou o mesmo comportamento quando foi incubado no ambiente ruminal CF, sendo provável que tenha ocorrido efeito associativo dos carboidratos, com efeitos negativos na digestibilidade de amido pela presença de carboidratos solúveis (CHOs). Esse efeito também foi observado em estudo realizado por Huhtanen (1987), com infusão contínua intra-ruminal de sacarose e xilose, que observou a depressão da digestão da fibra, sem alteração do pH ruminal, em bovinos alimentados com rações constituídas de silagem de capim.

No presente ensaio, o efeito dos carboidratos pode ser demonstrado a partir da análise dos CHOs dos volumosos fornecidos aos animais, uma vez que a CF apresentou valores superiores de CHOs (25,71%) quando comparado à SC (3,7%). Estes dados são provenientes do trabalho realizado por Queiroz (2006), com desempenho de vacas leiteiras recebendo diferentes volumosos, o qual foi conduzido concomitantemente ao presente ensaio, utilizando o mesmo material. Portanto, a ração fornecida aos animais contendo CF, que apresenta em sua composição maior quantidade de sacarose (principal carboidrato presente na cana-de-açúcar), pode ter inibido a digestão de amido e, consequentemente, a degradação da fração “b” da MS.

Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) para a fração não-degradável (C) da MS,

sendo a menor fração C observada para a SM incubada no ambiente ruminal SC (22,15%). A fração C observada para a SM corrobora aos valores encontrados por Moraes *et al.* (1996). Estes autores observaram valores para a fração C de 25,20 e 24,70%, para silagem de milho com alto ou baixo teor de MS, respectivamente. Esse dado, associado ao valor da fração “b” da SM incubada no ambiente ruminal CF, demonstrou que este ambiente ruminal prejudicou sua degradação, provavelmente, pelo efeito dos carboidratos inibindo a digestão da fibra, como descrito anteriormente.

A taxa de degradação ($\text{c\% h}^{-1}$) não foi influenciada pelos ambientes ruminais, mesmo que a CF incubada no ambiente ruminal CF tenha apresentando menor taxa de degradação ($0,64\% \text{ h}^{-1}$). No entanto, esse valor é superior ao observado por Valadares Filho *et al.* (1990), que determinaram a degradabilidade *in situ* de vários alimentos em vacas após o pico de lactação e observaram taxa de degradação de $0,21\% \text{ h}^{-1}$. Porém, a média da taxa de degradação de $2,76\% \text{ h}^{-1}$ para CF, SC e SM se assemelha ao observado por Aroeira *et al.* (1993); Schmidt (2006) e Gimenes *et al.* (2006) para a CF, SC e SM, respectivamente.

Foram verificadas diferenças significativas ($p < 0,05$) para a DP da MS dos alimentos avaliados nos diferentes ambientes ruminais (Tabela 2). Os valores observados para a DP (73,91%) da SM incubada, no ambiente ruminal contendo SC, estão próximos ao relatado por Gimenes *et al.* (2006), que foi de 75,40% de DP quando incubou a SM em bovinos adultos alimentados com silagem de milho sem aditivos.

O menor valor observado ($p < 0,05$) para a DP da MS foi para a CF incubada no ambiente ruminal CF (51,27%). Embora sendo o menor valor encontrado neste ensaio, a DP da CF foi superior ao demonstrado por Valadares Filho *et al.* (1990) que observaram valores de DP para a cana-de-açúcar fresca de 42,30% incubado em vacas que receberam rações com 55% de silagem de milho e 45% de concentrado. Esse evento ocorreu, provavelmente, pelo tempo de incubação total utilizado por Valadares Filho *et al.* (1990) de 48h de incubação, contra as 96h utilizadas no presente ensaio.

Não foram observadas diferenças significativas para nenhum dos alimentos (CF, SC e SM) incubados pela técnica *in situ macro-bag* nos diferentes ambientes ruminais em relação à DE $5\% \text{ h}^{-1}$. A média da DE de 46,97% da MS da CF, em ambos os ambientes ruminais, foi superior ao encontrado por Valadares Filho *et al.* (1990), que incubaram por 48h a cana-de-açúcar no rúmen de vacas em lactação, alimentadas com concentrado (DE $5\% \text{ h}^{-1}$ de 39,7%). Porém,

quando Aroeira *et al.* (1993) forneceram farelo de arroz ou algodão para bovinos e incubaram a cana-de-açúcar com 1% de uréia por 72h, os valores encontrados foram superiores (63,9%) aos obtidos no presente ensaio (46,97%). Entretanto, aqueles autores, assim como a maioria dos dados reportados na literatura, realizaram a incubação destes alimentos após sua prévia secagem e moagem em peneira com malha de 5 mm.

Essas variações encontradas entre os experimentos podem ser atribuídas à diferença na composição bromatológica dos alimentos incubados, principalmente nas frações de FDN e FDA, em que maiores ou menores teores podem influenciar a degradação da MS. Outra fonte de variação entre os ensaios pode estar relacionada com os diferentes tempos de incubação.

A DE para a taxa de degradação de 5% h⁻¹ da MS da SM incubada no ambiente ruminal SC foi de 49,34%. No entanto, esse valor é superior ao observado por Gimenes *et al.* (2006) quando incubaram no rúmen de bovinos adultos por 144h a silagem de milho, cujo valor observado para a DE (5% h⁻¹) foi de 42,76%. Os resultados demonstram que a degradação da MS da silagem de milho não foi prejudicada quando incubada no ambiente contendo SC, quando comparada aos demais alimentos (CF e SC).

Diferenças significativas ($p < 0,05$) foram observadas apenas para a fração “a” da CF, SC e SM incubados em diferentes ambientes ruminiais quando se avaliou a degradabilidade *in situ* da FDN e FDA (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Variáveis de degradabilidade *in situ* da fibra em detergente neutro da cana-de-açúcar fresca, da silagem de cana e da silagem de milho em diferentes ambientes ruminiais.

Table 3. *In situ* neutral detergent fiber degradability variables of fresh or ensiled sugar cane and corn silage incubated under different ruminal conditions.

Variáveis ¹ Variables	Ambiente ruminal ² Ruminal condition	Alimentos ³ Feeds			EPM ⁴ SEM
		CF	SC	SM	
a (%)	CF	19,81 ^{Ab}	0,00 ^B	15,54 ^A	2,54
	SC	5,99 ^B	1,68	11,68	
b (%)	CF	18,68	39,52	40,82	10,21
	SC	36,47	42,72	40,41	
C (%)	CF	61,53	60,48	43,65	8,80
	SC	57,54	55,60	46,91	
c (%/h)	CF	0,40	2,75	3,10	0,51
	SC	4,01	2,88	2,46	
DP	CF	26,05	35,78	54,25	7,53
	SC	41,56	41,64	47,80	
DE (kp=5% h ⁻¹)	CF	21,28	14,15	31,12	3,14
	SC	22,04	17,27	24,28	

¹Variáveis: a: fração solúvel; b: fração insolúvel potencialmente degradável; C: fração não-degradável; c: taxa de degradação; DP: degradação potencial; DE: degradação efetiva na taxa de passagem de 5% h⁻¹. ²Rações contendo cana-de-açúcar fresca (CF) ou silagem de cana aditivada (SC). ³Alimentos: CF: cana-de-açúcar fresca; SC: silagem de cana aditivada; SM: silagem de milho. ⁴EPM: erro-padrão da média. ^{AB}Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste t de Student ($p < 0,05$). ^{AB}Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, são estatisticamente diferentes pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

¹Variables: a: soluble fraction; b: insoluble potentially degradable fraction; C: undegradable fraction; c: degradation rate; DP: potential degradation; DE: effective degradation with passage rate of 5% h⁻¹. ²Diets containing fresh sugar cane (CF) or ensiled sugar cane (SC). ³Feeds: CF: fresh sugar cane; SC: ensiled sugar cane; SM: corn silage. ⁴SEM: Standard error of mean. ^{AB}Values followed by a different letter in the same row are statistically different by Student's t-test ($p < 0,05$). ^{AB}Values followed by a different letter in the same column are statistically different by Student's t-test ($p < 0,05$).

Tabela 4. Variáveis de degradabilidade *in situ* da fibra em detergente ácido da cana-de-açúcar fresca, da silagem de cana e da silagem de milho em diferentes ambientes ruminiais.

Table 4. *In acid detergent fiber degradability variables of fresh or ensiled sugar cane and corn silage incubated under different ruminal conditions.*

Variáveis ¹ Variables	Ambiente ruminal ² Ruminal condition	Alimentos ³ Feeds			EPM ⁴ SEM
		CF	SC	SM	
a (%)	CF	12,37 ^{Ab}	0,00 ^B	2,12 ^B	1,41
	SC	0,08 ^b	0,78 ^b	0,64 ^b	
b (%)	CF	20,54	34,76	37,91	5,59
	SC	35,38	39,62	56,37	
C (%)	CF	67,10	65,24	59,98	5,92
	SC	64,55	59,61	43,00	
c (%/h)	CF	1,03	3,04	2,16	0,65
	SC	3,48	3,39	2,27	
DP	CF	20,88	32,03	34,84	4,36
	SC	34,20	38,77	49,45	
DE (kp=5%/h)	CF	14,88	13,30	13,30	2,62
	SC	14,61	16,71	17,76	

¹Variáveis: a: fração solúvel; b: fração insolúvel potencialmente degradável; C: fração não-degradável; c: taxa de degradação; DP: degradação potencial; DE: degradação efetiva na taxa de passagem de 5% h⁻¹. ²Rações contendo cana-de-açúcar fresca (CF) ou silagem de cana aditivada (SC). ³Alimentos: CF: cana-de-açúcar fresca; SC: silagem de cana aditivada; SM: silagem de milho. ⁴EPM: erro-padrão da média. ^{AB}Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste t de Student ($p < 0,05$). ^{AB}Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, são estatisticamente diferentes pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

¹Variables: a: soluble fraction; b: insoluble potentially degradable fraction; C: undegradable fraction; c: degradation rate; DP: potential degradation; DE: effective degradation with passage rate of 5% h⁻¹. ²Diets containing fresh sugar cane (CF) or ensiled sugar cane (SC). ³Feeds: CF: fresh sugar cane; SC: ensiled sugar cane; SM: corn silage. ⁴SEM: Standard error of mean. ^{AB}Values followed by a different letter in the same row are statistically different by Student's t-test ($p < 0,05$). ^{AB}Values followed by a different letter in the same column are statistically different by Student's t-test ($p < 0,05$).

No presente ensaio, foi observado, para a CF incubada no ambiente ruminal CF, valor de 19,81% para a fração solúvel da FDN, ainda que a FDN de acordo com a literatura citada, geralmente, não apresente essa fração. Entretanto, esse resultado não foi diferente da SM incubada em ambos os ambientes ruminiais (15,54 e 11,68%). Embora tenha havido grandes diferenças numéricas, a fração “a” dos alimentos (CF, SC e SM) não foi alterada de forma significativa ($p > 0,05$), quando incubados no ambiente ruminal SC.

Os valores encontrados para a CF incubada nos diferentes ambientes ruminiais são superiores aos observados por Ezequiel *et al.* (2001), que constataram valor de 0,00% para a fração solúvel da FDN da cana-de-açúcar *in natura* em bovinos canulados. Essa diferença possivelmente ocorreu pelas diferenças entre as técnicas *in situ* utilizadas. É provável que a incubação dos volumosos em sua matéria original *in natura* tenha disponibilizado maiores quantidades de CHOs, como a sacarose, durante a lavagem dos sacos, acarretando maior solubilidade.

A fração solúvel da FDN encontrada para a SC aditivada com *L. buchneri* em ambos os ambientes ruminiais foi de 0,84%, esse inferior ao observado por Schmidt (2006) de 7,95%. Sendo assim, o resultado encontrado no presente ensaio demonstra que a fração FDN é praticamente insolúvel, o que deve ocorrer normalmente. Esses resultados se devem provavelmente à perda de partículas diminutas em função da lavagem dos sacos no

tempo zero (Huntington e Givens, 1995).

As frações solúveis da FDN da SM incubada em ambos os ambientes ruminais apresentaram média de 13,61%. Entretanto, Gonçalves *et al.* (2001) avaliaram a silagem de milho incubada em cabras e encontraram solubilidade da FDN de 0,00%, assim como também observado por Gimenes *et al.* (2006). No entanto, o valor observado no presente ensaio ocorreu possivelmente pelo relatado anteriormente para a CF.

Quando se avaliaram as frações “b” e C, não foram observadas diferenças significativas entre os alimentos incubados em ambos os ambientes ruminais. Embora a CF incubada no ambiente ruminal CF tenha apresentado menor valor (18,68%), este não foi diferente ($p > 0,05$) dos demais alimentos que apresentaram média de 39,99%. É provável que o comportamento observado para a CF tenha ocorrido pela grande quantidade de CHOs no ambiente ruminal CF, prejudicando de alguma forma o resultado da avaliação.

Os valores observados para as frações “b” e C da FDN da cana-de-açúcar incubada no ambiente ruminal SC foram de 36,47 e 57,54%, respectivamente. Esses resultados estão próximos aos observados por Ezequiel *et al.* (2001), que encontraram valores para essas frações de 37,76 e 62,24%, respectivamente. Ainda assim, os resultados encontrados para o desaparecimento da fração “b” da SC em ambos os ambientes ruminais (41,12%), assemelham-se aos valores observados por Schmidt (2006) (42,9%).

Os valores médios das frações “b” e C da SM (40,62 e 45,28%, respectivamente), foram diferentes dos valores observados por Gimenes *et al.* (2006), de 71,62% para a fração “b” e 30,25% para a fração C. As variações das frações “b” e C, observadas no presente estudo quando comparadas à literatura, podem ser decorrentes da variação da composição bromatológica dos alimentos, forma como esses alimentos foram incubados (técnicas) e, principalmente, da ração fornecida aos animais resultando em possíveis diferenças dos ambientes ruminais.

A taxa de degradação ($\text{c\% h}^{-1}$) da fração “b” da FDN dos alimentos incubados não foi afetada pelos ambientes ruminais ($p > 0,05$), sendo observada média de $2,6\% \text{ h}^{-1}$. Este valor indica relativamente lenta taxa de digestão da FDN, o que é, normalmente, observado. Quando a CF foi incubada no ambiente ruminal CF, observou-se que a taxa de degradação foi de $0,40\% \text{ h}^{-1}$. Por essa taxa apresentar valores muito baixos quando se compara com a literatura citada, pode-se dizer que houve semelhança quando se

observam os dados obtidos por Ezequiel *et al.* (2001) para essa mesma fração, quando incubaram a cana-de-açúcar *in natura* em bovinos e encontraram taxa de degradação de $0,69\% \text{ h}^{-1}$.

Quando a SC foi incubada em ambos os ambientes ruminais, o valor observado foi de $2,82\% \text{ h}^{-1}$, resultado próximo ($3,31\% \text{ h}^{-1}$) ao observado por Schmidt (2006), quando incubou silagem de cana em bovinos canulados. A taxa de degradação observada para a SM incubada em ambos os ambientes ruminais ($2,78\% \text{ h}^{-1}$) assemelha-se ao resultado encontrado por Gimenes *et al.* (2006), quando avaliaram a cinética de degradação da silagem milho em bovinos canulados e observaram taxa de degradação de $2,68\% \text{ h}^{-1}$.

É provável que a lenta taxa de degradação se deva a uma maior fração C (lignina e sílica) na composição dos alimentos, o que limita a utilização da fração FDN pelos microrganismos presentes no rúmen.

As degradabilidades potenciais da FDN da CF, SC e SM (Tabela 3) não foram diferentes entre os ambientes ruminais, sendo a média obtida de 37,18%. Ezequiel *et al.* (2001), avaliando a DP da FDN da cana-de-açúcar *in natura*, e Schmidt (2006), a da silagem de cana inoculada com *L. buchneri*, encontraram valores de 18,20 e 42,00%, respectivamente. Apenas a SC incubada no ambiente ruminal dos animais alimentados com silagem de cana, aproximou-se dos valores encontrados por Schmidt (2006).

Quando se avaliam os resultados obtidos para a CF para todos componentes e variáveis de degradabilidade estimadas, pode-se observar grande diferença quando comparados com os valores encontrados na literatura. Os resultados indicam que um novo modelo, linear ou não, para o desaparecimento das frações desse alimento deve ser estudado.

Nenhuma diferença ($p > 0,05$) foi encontrada para as DE dos alimentos avaliados para a taxa de passagem de $5\% \text{ h}^{-1}$, sendo a média de 21,69%. A média da DE dos alimentos corroboram a observada por Schmidt (2006), de 22,20% para a FDN da cana-de-açúcar.

Para degradabilidade da fração “a” da FDA da CF incubada no ambiente ruminal SC, demonstrada na Tabela 4, o valor obtido se assemelha ao encontrado por Ezequiel *et al.* (2001). Porém, os resultados observados para o desaparecimento da fração “a” da FDA, no presente ensaio, são inferiores ao observados por Schmidt (2006). Em relação à SM, geralmente, os autores encontraram solubilidade das frações que compõem os carboidratos estruturais (FDN e FDA) equivalentes a zero (Gonçalves *et al.*, 2001; Gimenes *et al.*, 2006).

As frações “b” e C e a taxa de degradação da fração “b” da CF, SC e SM da FDA (Tabela 4) não foram afetadas pelos diferentes ambientes ruminais ($p < 0,05$) e apresentaram o mesmo comportamento obtido para a FDN, lembrando que a diferença entre essas duas frações é apenas a fração representada pela hemicelulose. Quando a CF foi incubada na ração contendo CF, o valor observado foi de 67,10%, o qual é semelhante ao encontrado por Ezequiel *et al.* (2001) quando avaliaram a cinética de degradação da cana-de-açúcar “*in natura*” e verificaram valor da fração C de 70,34%.

Não foram observadas diferenças estatísticas para a fração “b” e a taxa de degradação ($c\% h^{-1}$) da SC incubada em diferentes ambientes ruminais, sendo os valores encontrados de 34,76; 39,62%; e 3,04; 3,39% h^{-1} , respectivamente (Tabela 4). Os valores observados, no presente estudo, assemelham-se aos observados por Schmidt (2006). Dessa forma, os valores observados para as silagens de cana com ou sem aditivos para a fração “b” e a taxa de degradação da FDA foram de 36,30% e 3,15% h^{-1} , respectivamente.

Os resultados obtidos para as frações representadas pela FDA (Tabela 4) da CF e SC nos diferentes ambientes ruminais podem ser estimados a partir da utilização da técnica *in situ macro-bag*. Mesmo que diferenças entre as técnicas possam ser encontradas, cuidados devem ser tomados quando se pretende avaliar a taxa de degradação dos alimentos. Assim como para a FDN, não foram observadas diferenças significativas para a DP e para a DE da FDA dos alimentos ($p > 0,05$).

O pH ruminal é considerado o maior responsável em deprimir a digestão da fibra (Hoover, 1986). No presente estudo, uma vez que não foram observadas diferenças significativas neste parâmetro ruminal, o “efeito do carboidrato” nas rações constituídas de cana-de-açúcar fresca pode ter sido o fator que incidiu em redução da digestibilidade dos nutrientes, como já mencionado anteriormente. Conforme observado por Queiroz (2006), as quantidades de CHOs na cana-de-açúcar são aproximadamente 10% superiores para a cana fresca, quando comparadas à silagem de cana.

Conclusão

A técnica *in situ macro-bag* pode ser utilizada para o estudo das frações solúvel, potencialmente degradável e não-degradável, assim como para a estimativa da degradabilidade potencial e efetiva de volumosos, como as silagens de cana e milho e da cana-de-açúcar fresca.

Entretanto, para a fração fibra atenção considerável deve ser dada, assim, são necessários

mais estudos para a padronização da metodologia. De modo geral, o ambiente ruminal resultante do fornecimento de rações contendo silagem de cana para os animais mostrou melhores resultados, quando se compara com a literatura para os vários parâmetros avaliados.

Referências

- ANDRAE, J.G. *et al.* Effect of hybrid, maturity, and mechanical processing of corn silage on intake and digestibility by beef cattle. *J. Anim. Sci.*, Lancaster, n. 9, v. 79, p. 2268-2275, 2001.
- ALCÂNTARA, E. *et al.* Fermentation and utilization by lambs of sugar cane harvested fresh and ensiled with and without NaOH. *Anim. Feed Sci. Technol.*, Amsterdam, v. 23, n. 4, p. 323-331, 1989.
- AROeira, L.J.M. *et al.* Degradabilidade no rúmen e taxa de passagem da cana-de-açúcar mais ureia, do farelo de algodão e do farelo de arroz em novilhos mestiços europeu x zebu. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 552-564, 1993.
- CAMPOS, F.P. *et al.* Métodos de análises de alimentos. Piracicaba: Fealq, 2004.
- EZEQUIEL, J.M.B. *et al.* Degradabilidade da matéria seca e pH ruminal em bovinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura*, hidrolisada ou hidrolisada fenada. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 38., 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001.
- GIMENES, A.L.G. *et al.* Degradabilidade *in situ* de silagens de milho confeccionadas com inoculante bacteriano e/ou enzimático. *Acta Sci. Anim. Sci.*, Maringá, v. 28, n. 1, p. 11-16, 2006.
- GONÇALVES, A.L. *et al.* Degradabilidade ruminal da matéria seca e da fibra em detergente neutro de alguns volumosos utilizados na alimentação de cabras leiteiras, submetidas a dietas com diferentes relações volumoso:concentrado. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1893-1903, 2001.
- HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v. 69, n. 10, p. 2755-2766, 1986.
- HUHTANEN, P. The effects of intraruminal infusions of sucrose and xylose on the nitrogen and fiber digestion in cattle receiving diets of grass silage and barley. *J. Agr. Sci. Finland*, Helsinki, v. 59, n. 5, p. 405-424, 1987.
- HUNTINGTON, G.B.; ARCHIBEQUE, S.L. *Practical aspects of urea and ammonia metabolism in ruminants*. 1999. Disponível em: <<http://www.asas.org/symposia/proceedings/0939.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2006.
- HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. *Nutr. Abstr. Rev. Series B*, Wallingford, v. 65, n. 2, p. 63-93, 1995.
- MCDONALD, P. *et al.* *The biochemistry of silage*. 2. ed. Merlow: Chalcomb Publications, 1991.
- MEHREZ, A.Z. *et al.* Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. *Br. J. Nutr.*, Maringá, v. 30, n. 2, p. 193-201, 2008

Cambridge, v. 38, n. 3, p. 437-443, 1977.

MORAIS, J.P.G. *et al.* Efeito de inoculante bacteriano em silagem de milho quanto à digestibilidade in vivo e fermentação. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 33., 1996, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: SBZ, 1996. p. 428.

NRC-National Research Council. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7. ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 2001.

ØRSKOV, E.R. *Protein nutrition in ruminants*. London: Academic Press, 1982.

ØRSKOV, E.R. The in situ technique for the estimation of forage degradability in ruminants. In: GIVENS, D.I. *et al.* (Ed.). *Forage evaluation in ruminant nutrition*. Wallingford: CABI Publishing, 2000. p. 175-188.

ØRSKOV, E.R.; HOVELL, F.D.B. The use of nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.*, Santo Domingo, v. 5, n. 3, p. 195-223, 1980.

ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. American Sci.*, Cambridge, v. 92, n. 2, p. 449-503, 1979.

QUEIROZ, O.M. *Associação de aditivos microbianos na ensilagem e o desempenho de vacas em lactação recebendo silagem de cana-de-açúcar comparada a volumosos tradicionais*. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SAS Institute. *The SAS system for windows*: release 8.01. Cary, 2000.

SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *Br. J. Nutr.*, Cambridge, v. 32, n. 2, p. 199-208, 1974.

SCHMIDT, P. *Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar*. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

STROBEL, H.J.; RUSSEL, J.B. Effects of pH and energy spilling on bacteria protein synthesis by carbohydrate-limited cultures of mixed rumen bacteria. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v. 69, n. 11, p. 2941, 1986.

VALADARES FILHO, S.C. *et al.* Degradabilidade in situ da matéria seca e proteína bruta de vários alimentos em vacas em lactação. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 19, n. 6, p. 512-522, 1990.

VAN SOEST, P.J. Integrated feeding systems. In: VAN SOEST, P.J. (Ed.). *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. p. 140-155.

VAN SOEST, P.J. *et al.* Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-96, 1991.

Received on November 29, 2006.

Accepted on June 11, 2008.