

# Degradabilidade ruminal e fracionamento de carboidratos e proteínas em silagens de triticale em cultivo singular ou em misturas com aveia e/ou leguminosas

## Ruminal degradability and carbohydrates and proteins fractioning of triticale silages in singular culture or in mixtures with oat and/or legumes

Valter Harry Bumbieris Junior<sup>1\*</sup>; Clóves Cabreira Jobim<sup>2</sup>; Jean-Claude Emile<sup>3</sup>; Robson Rossi<sup>2</sup>; Moysés Calixto Junior<sup>4</sup>; Antonio Ferriani Branco<sup>2</sup>

### Resumo

O objetivo desse trabalho foi avaliar a degradabilidade ruminal, e o fracionamento de carboidratos, assim como das frações nitrogenadas das silagens de triticale em plantio singular ou em misturas com aveia e/ou leguminosas. Os tratamentos foram: silagem triticale (*X. Triticosecale Wittimack*) (ST); silagem de triticale + ervilha forrageira (*Pisum arvense*) (STE); silagem de triticale + aveia (*Avena strigosa* Scheb) + ervilha forrageira + ervilhaca (*Vicia sativa*) (STAE). Foram utilizados três machos bovinos castrados da raça Holandesa, com peso vivo médio de 300 kg, portadores de cânula ruminal. Os tempos de incubação empregados tiveram a duração de 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 h. As frações a, c e a DE da MS da silagem STAE foram maiores (30,33; 0,026 e 45,45%) em relação às demais silagens. A fração b da MS da silagem ST foi maior (58,45%) em relação às silagens STE (45,36%) e STAE (44,37%). Na PB a silagem ST apresentou maior fração a (72,12%). Na fração potencialmente degradável (b) da PB não houve diferença entre tratamentos. A taxa de degradação (c) da PB foi maior para a silagem STE (0,063%) em relação à silagem ST (0,012%), porém esta foi semelhante à STAE (0,045%). A DE da PB foi melhor na silagem STE (77,71%). A silagem ST apresentou fração a e b da FDN maior (8,62 e 81,99%) em relação às outras silagens. A taxa de degradação (c) da FDN foi maior para STAE (0,027%). A DE da FDN não apresentou diferença entre tratamentos. A silagem ST apresentou os melhores valores dos carboidratos totais (83,97%) em relação às silagens STE (79,87%) e STAE (76,77%). As silagens STE e STAE apresentaram melhor degradabilidade da matéria seca e sugerem ser potencial fonte de proteína não-degradável no rúmen. A silagem exclusiva de triticale mostrou-se superior com relação à degradabilidade da fração fibrosa, apresentando também maior quantidade de carboidratos totais potencialmente degradáveis.

**Palavras-chave:** Fibra. Forragem conservada. Nutrientes. Rúmen

### Abstract

It was aimed to evaluate the ruminal degradability, and the fractioning of carbohydrates, as well as of the nitrogen fractions of triticale silages in singular culture or in mixtures with oats and/or legumes. The treatments had been: triticale silage (*X. Triticosecale Wittimack*) (ST); triticale silage + forage pea

<sup>1</sup> Prof. Dr. Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Londrina, UEL, Londrina, PR. E-mail: jrbumbieris@uel.br

<sup>2</sup> Profs. Drs. Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, UEM. Maringá, PR. E-mail: ccjobim@uem.br; rossi@uem.br; afbranco@uem.br

<sup>3</sup> Pesquisador Institut National de la Recherche Agronomique, INRA-UEFE, Lusignan, França. E-mail: jean-claude.emile@lusignan.inra.fr

<sup>4</sup> Zootecnista Dr., Potensial Nutrição Animal, Anastácio – SP. E-mail: m.cjunior@bol.com.br

\* Autor para correspondência

(*Pisum arvense*) (STE); triticale silage + oats (*Avena strigosa* Scheb) + forage pea + vetch (*Vicia sativa*) (STAE). Three castrated bovine Prim'Holstein males had been used, with average live weight of 300 kg, having ruminal cannulas. The incubation times had duration of 0, 6, 12, 24, 48, 72 and 96 hours. Fractions, a, c and ED of the DM of STAE silage was higher (30,33; 0,026 and 45,45%) than others silages. Fraction b of the DM of ST silage was higher (58,45%) than STE silages (45,36%) and STAE (44,37%). In CP the ST silage presented higher fraction (72,12%). For the potentially degradability fraction (b) of CP it was not observed difference among treatments. The degradation rate (c) of the CP was higher for STE silage (0,063%) than ST ensilage (0,012%), however this was similar to the STAE (0,045%). ED of CP was better for STE silage (77,71%). ST silage presented fraction a and b for NDF highest (8,62 and 81,99%) than others silages. The degradation rate (c) of NDF was higher for STAE (0,027%). ED for NDF did not present difference among treatments. ST silage presented the best values for the total carbohydrates (83,97%) than STE (79,87%) and STAE silages (76,77%). STE and STAE silages presented better DM degradability and suggest to be a potential source of non degradable protein in the rumen. The exclusive triticale silage revealed superior with regard to the degradability of fiber fraction, also presenting higher amount of total carbohydrates potentially degraded.

**Key words:** Conserved forage. Fiber. Nutrients. Rúmen.

## Introdução

Estimativas confiáveis de degradabilidade no rúmen sejam elas de alimentos protéicos, energéticos ou forragens, são essenciais para aplicação de novos sistemas de predição de exigências em nutrição de ruminantes. Esses sistemas utilizam valores fixos de degradabilidade para cada tipo de alimento e não integram a possibilidade de variabilidade que possa existir entre esses. Conseqüentemente, estudos focados na predição da degradabilidade ou fatores que afetam a determinação dessas variações são de interesse, especialmente para os alimentos mais comumente utilizados (REPETTO; GONZÁLEZ; CAJARVILLE, 2003) assim como para alimentos de uso alternativo.

Os freqüentes aumentos nos preços de grãos de cereais utilizados na alimentação dos animais domésticos têm despertado interesses pelo aproveitamento de alimentos conhecidos como “não convencionais”. O triticale (*X. Triticosecale Wittmack*), que é um cereal oriundo do cruzamento do trigo (*Triticum* spp.) com o centeio (*Secale cereale*) (BAIER; SOUZA; BOLDT, 1988), tem se apresentado como uma opção agrícola para o inverno, mostrando-se um substituto energético nas rações para alimentação animal, assim como em pastejo (DIAS; EMILE; AL RIFAI, 2007) ou mesmo forragem conservada na forma de silagem (JOBIM; EMILE, 1999).

A consorciação desse cereal com leguminosas visa, principalmente, à melhoria do valor nutritivo da forragem, além da presença da leguminosa na mistura beneficiar a qualidade da forragem e também diminuir os custos com adubação nitrogenada.

Pressupõe-se que a associação de gramínea com leguminosa melhoraria a degradação de matéria seca no rúmen e, portanto, aumentaria a energia disponível destes alimentos aos animais, pelo possível incremento na disponibilidade de nitrogênio aos microrganismos. Esse fato pode interferir diretamente na redução da suplementação energética (DAMASCENO et al., 2002).

A adequação dos nutrientes a serem supridos na alimentação é fator imprescindível no desempenho animal, ressaltando sempre a importância do crescimento microbiano para a nutrição dos ruminantes. O conhecimento das frações carboidrato e proteína são também muito importantes no aspecto nutricional, visto que é parte fundamental na formulação de dietas balanceadas (BUMBIERIS JUNIOR et al., 2007), e o melhor sinergismo entre essas fontes pode maximizar o desempenho animal.

Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a degradabilidade ruminal, e o fracionamento de carboidratos, assim como das frações nitrogenadas das silagens de triticale em plantio singular ou em misturas com aveia e/ou leguminosas.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado no Setor de Nutrição de Ruminantes da Fazenda Experimental de Iguatemi e no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal - LANA, ambos pertencentes ao Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, com colaboração do INRA-França - Institut National de la Recherche Agronomique - na produção e confecção das silagens.

As silagens foram confeccionadas em silos, tipo bunker, com capacidade para cerca de 60 toneladas de silagem. A forragem foi colhida com ensiladeira automotriz John Deere®, modelo 5730 com plataforma de discos rotativos. Imediatamente depois de carregados e compactados, os silos foram vedados adequadamente com lona dupla face. Após 120 dias de armazenagem, os silos foram abertos para utilização. As amostragens foram realizadas a cada período de 21 dias de utilização das silagens.

Para o estudo de degradabilidade ruminal foram

misturadas as silagens de cada amostragem, formando uma amostra composta, e para o fracionamento de carboidratos e frações nitrogenadas foram utilizadas as amostras correspondentes a cada período de utilização, sendo cada um desses de 21 dias.

As amostras das silagens foram submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada, a 55°C, por 72 h para secagem. Os teores de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) foram estimados segundo AOAC (1997). A determinação da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), e lignina (LIG) foi obtida de acordo com Van Soest et al. (1991). O nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram dosados nos resíduos de FDN e FDA, respectivamente. Os teores protéicos foram calculados multiplicando-se os valores de NIDN e NIDA pelo fator 6,25. Os dados da composição química das silagens estão apresentados na (Tabela 1).

**Tabela 1.** Composição química das silagens (valores em % da MS).

	Tratamentos		
	ST	STE	STAE
MS (%)	22,44	23,44	22,57
PB (%)	7,75	11,63	13,06
FDN (%)	68,60	58,52	56,39
FDA (%)	41,46	37,48	36,11
PIDN (%)	1,38	3,21	3,79
PIDA (%)	1,22	1,79	2,48
Lignina (%)	4,39	5,54	5,55

ST = Silagem de Triticale; STE = Silagem de Triticale + Ervilha forrageira; STAE = Silagem de Triticale + Aveia + Ervilhaca + Ervilha forrageira. MS = Matéria Seca; PB = Proteína Bruta; FDN = Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido; PIDN = Proteína Insolúvel em Detergente Neutro; PIDA = Proteína Insolúvel em Detergente Ácido.

Foram utilizados para o estudo de degradabilidade três bovinos machos castrados da raça Holandesa, com peso vivo médio de 300 kg, portadores de cânula ruminal. Os animais foram adaptados à alimentação durante sete dias antes da incubação ruminal, sendo alimentados duas vezes ao dia, às 8 e às 16 h. A dieta foi composta de silagem de milho, mais adição de concentrado à base de milho e farelo de soja, numa relação volumoso:concentrado de 80:20.

Os tratamentos testados foram:

ST: Silagem triticales (X. *Triticosecale Wittmack*);

STE: Silagem de triticales + ervilha forrageira (*Pisum arvense*)

STAE: Silagem de triticales + aveia (*Avena strigosa* Schreb.) + ervilha forrageira + ervilhaca (*Vicia sativa*).

A degradabilidade ruminal da MS, PB e FDN das silagens e suas respectivas taxas de degradação foram estimadas pela técnica “in situ” do saco de náilon. Sacos de náilon (ANKOM-BAR DIAMOND, INC., Parma Idaho – USA) foram utilizados para incubação ruminal. As dimensões dos sacos foram de 10 x 20 cm, com diâmetro de poros de 53 micra. Aproximadamente cinco gramas de amostras, moídas a 2 mm (VANZANT; COCHRAN; TITGEMEYER, 1998) foram acondicionadas em cada saco, fechando-os e atando-os com elástico de borracha. Os sacos foram presos a uma barra cilíndrica de ferro (400 g) suspensa por um fio de náilon de 50 cm de comprimento, amarrado à tampa da cânula.

Os tempos de incubação empregados tiveram a duração de 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 h. Os sacos foram incubados todos numa mesma hora, sendo retirados nos tempos determinados. Após a remoção, os sacos foram lavados em água corrente, congelados e posteriormente lavados em máquina de lavar, em cinco ciclos de um minuto cada (VANZANT; COCHRAN; TITGEMEYER, 1998). Os sacos do

tempo zero hora também foram lavados em máquina de lavar, em cinco ciclos de um minuto cada.

Após serem lavados, os sacos foram submetidos à secagem em estufa de ventilação forçada, a 55°C, por 72 h. A porcentagem de desaparecimento da MS, PB e FDN, por tempo de incubação, foi calculada pela proporção de alimento que restou nos sacos após a incubação ruminal.

Os dados de desaparecimento dos nutrientes foram ajustados por regressão não-linear que prediz a degradabilidade potencial ( $y = DP$ ) dos alimentos por meio do modelo proposto por Mehrez e Orskov (1977).

A degradabilidade efetiva da MS, PB e FDN foi calculada por meio da equação descrita por Orskov e McDonald (1979), em que: degradabilidade efetiva =  $a + bc/(c + k)$ , sendo:  $k$  = taxa estimada da passagem de sólidos no rúmen, cujo valor foi fixado em 5% por hora (ARC, 1984);  $a$  = porção prontamente degradável no rúmen;  $b$  = fração insolúvel, mas potencialmente degradável;  $c$  = taxa constante de degradabilidade da fração  $b$ .

Martins et al. (2008) sugerem um procedimento Bayesiano na análise estatística dos dados de degradabilidade ruminal, portanto foi considerado que as observações seguem distribuição normal multivariada, já que as mesmas são correlacionadas no tempo, isto é,  $y_{ijk} \sim NMV(\mu_k, \Sigma_k)$ , em que  $\Sigma_k$  é a matriz de (co)variâncias. Nos parâmetros  $a$  e  $b$ , foram consideradas “a priori” distribuições normais não-informativas, isto é:  $a, b \sim N(0; 103)$  e em  $c$ , uma distribuição Gamma também não-informativa restrita no intervalo  $(0, 1)$ , isto é:  $c \sim \text{Gama}(102; 103) I(0, 1)$ . Na matriz  $\Sigma_k$  foi assumida uma distribuição Wishart Invertida, isto é,  $\Sigma_k \sim IW(R_k, J)$  com  $R_k = IJ = I8$  (matriz escala de ordem  $J = 8$ ). A obtenção das distribuições marginais “a posteriori” para os parâmetros, foi por meio do programa WinBUGS (SPIEGELHALTER; THOMAS; BEST, 1994 - versão 1.4.2, 2007).

Em todos os parâmetros, foram gerados 500.000 valores em um processo MCMC (*Monte*

*Carlo Markov Chain*), considerando um período de descarte amostral de 50.000 valores iniciais. A amostra final tomada com saltos de 200, isto é a cada 200 valores gerados foi tomado um para pertencer à amostra, contém 2.500 valores gerados. A convergência das cadeias foi verificada por meio do programa CODA (BEST; COWLES; VINES, 1995), pelos critérios de Geweke (1992) e de Heidelberger e Welch (1983).

Os valores de carboidratos totais (CHT) foram calculados pela equação:  $CHT = MO - (EE + PB)$ . Também foi determinado o fracionamento dos carboidratos, segundo Sniffen, O'Connor e Van Soest (1992). No fracionamento das frações nitrogenadas das silagens foram utilizadas as metodologias propostas por Licitra, Hernandez e Van Soest (1996).

Nas análises estatísticas do fracionamento de carboidratos e frações nitrogenadas, foi proposta uma análise Bayesiana, sendo considerado que as observações de cada um dos tratamentos seguem distribuição Normal:  $y_{ik} \sim N(\mu_k; \sigma_k)$ , com distribuições não-informativas para os hiperparâmetros  $\mu_k \sim N(0; 10^6)$   $\sigma_k \sim Gama(10^3; 10^3)$ , respectivamente, para a média e o desvio-padrão. A

obtenção das distribuições marginais “a posteriori” para os parâmetros, foi por meio do pacote BRugs do programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2007). Para cada parâmetro, foram gerados 30.000 valores em um processo MCMC (*Monte Carlo Markov Chain*), considerando um período de descarte amostral de 1.000 valores iniciais. A amostra final tomada com saltos de tamanho 5, contém 6.000 valores gerados. A convergência das cadeias foi verificada por meio do pacote CODA (BEST; COWLES; VINES, 1995) do programa R, pelos critérios de Geweke (1992) e de Heidelberger e Welch (1983), e as médias, comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância.

## Resultados e Discussão

Na fração da matéria seca (MS) prontamente disponível no rúmen (a) (Tabela 2), a silagem STAE apresentou valores mais elevados ( $P < 0,05$ ), seguida da silagem STE e ST. Os valores obtidos na silagem STE estão de acordo com Haj-Ayed et al. (2000), em trabalho de degradabilidade com fenos de aveia+ervilha forrageira.

**Tabela 2.** Estimativas Bayesianas (médias, desvios-padrão, mediana, e intervalos de credibilidade ( $P_{2,5\%}$  e  $P_{97,5\%}$ ) nos parâmetros do modelo e da degradabilidade efetiva da matéria seca.

Tratamentos	Parâmetros	Estimativas Bayesianas				
		Médias	Desvio-padrão	$P_{2,5\%}$	Medianas	$P_{97,5\%}$
ST	a	23,24c	0,71	21,74	23,26	24,58
STE		27,83b	0,98	25,99	27,82	29,85
STAE		30,33a	0,71	28,91	30,33	31,73
ST	b	58,45a	5,85	48,78	57,75	58,45
STE		45,36b	2,17	41,96	45,14	45,36
STAE		44,37b	1,49	41,57	44,32	44,37
ST	c	0,015b	0,003	0,010	0,015	0,015
STE		0,024b	0,004	0,016	0,024	0,024
STAE		0,026a	0,002	0,022	0,026	0,026
ST	DE (5%/h)	36,35c	0,58	35,20	36,34	36,35
STE		42,47b	1,01	40,41	42,48	42,47
STAE		45,45a	0,42	44,60	45,46	45,45

Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade. ST = Silagem de Triticale; STE = Silagem de Triticale + Ervilha forrageira; STAE = Silagem de Triticale + Aveia + Ervilhaca + Ervilha forrageira.

Com relação a fração potencialmente degradável (b) a silagem ST apresentou valores superiores ( $P < 0,05$ ) às demais silagens. As silagens STE e STAE não apresentaram diferença ( $P > 0,05$ ) para essa variável (Tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Lopes et al. (2008) e Oliveira et al. (2010), (61,08 e 56,0% respectivamente) para a fração potencialmente degradável de triticales antes da ensilagem. Essa maior fração b para a silagem ST em relação às demais sugere que, as gramíneas apresentam maior potencial de utilização da fibra pelos ruminantes, no entanto, o nitrogênio em maior quantidade fornecido pelas leguminosas é essencial para maior síntese microbiana.

Para taxa de degradação da fração b (c), a silagem STAE apresentou maior valor em relação às demais ( $P < 0,05$ ), decrescendo para silagens STE e ST. Isso ocorreu provavelmente pela presença das leguminosas na composição das silagens (27% e 34%, respectivamente, nas silagens STAE e STE), e pela maior fração de conteúdo celular presente nessas. Grenet e Demarquilly (1987), também relataram maior taxa de degradação para forragens

leguminosas ou com presença dessas, do que para forragens de gramíneas em plantio singular.

A degradabilidade efetiva (DE) acompanhou o mesmo comportamento da taxa de degradação, ocorrendo maior ( $P < 0,05$ ) DE na silagem STAE, seguido por STE. Isso se deu possivelmente em virtude da presença de leguminosas na constituição dessas silagens, favorecendo uma maior taxa de degradação da fração b (c), sendo esta variável interdependente da DE, justificando os resultados obtidos.

Com relação à cinética ruminal da PB, a silagem ST apresentou os maiores valores ( $P < 0,05$ ) para a fração prontamente disponível no rúmen (a) seguida por STE, e esta foi semelhante à STAE. Segundo Albrecht e Muck (1991), tal fato pode ser explicado pela presença de taninos nas leguminosas, logo, esse complexo proteína-tanino condensado é provavelmente menos degradado ou lentamente degradado no rúmen.

Mcallister, Martinez e Dong (2005) relataram que a ervilhaca apresentou condensação de taninos que

prejudicou a digestão “*in vitro*” em relação a outras leguminosas, pelo efeito associativo das células às endoglucanases. Esse fato responde em partes, a menor disponibilidade da fração prontamente degradável no rúmen da proteína na silagem com presença de ervilhaca (STAE). Ainda, Khorasani et al. (1993) reportaram que silagens de triticale e cevada, normalmente, apresentam maior proteína solúvel que os demais cereais, pela composição e estrutura dos grãos. Vatandoost, Danesh Mesgaran e Valizadeh (2007) também encontraram valores de degradabilidade da PB equivalentes aos observados no presente estudo, em silagem de triticale,

confirmando o comportamento desta no ambiente ruminal.

Com relação a fração potencialmente degradável da PB, não foi observada diferenças ( $P>0,05$ ) entre as silagens (Tabela 3). Na constante de degradação (c), a silagem STE diferiu ( $P<0,05$ ) de ST, porém manteve comportamento semelhante à STAE. Segundo Stern, Bach e Calsamiglia (1997), a taxa de degradação e extensão da degradação da proteína no rúmen é muito importante, pois determina a disponibilidade de nitrogênio e aminoácidos para os microrganismos e aminoácidos passando para o duodeno, disponível ao metabolismo dos animais.

**Tabela 3.** Estimativas Bayesianas (médias, desvios-padrão, mediana, e intervalos de credibilidade ( $P_{2,5\%}$  e  $P_{97,5\%}$ ) nos parâmetros do modelo e da degradabilidade efetiva da proteína bruta.

Tratamentos	Parâmetros	Estimativas Bayesianas				
		Médias	Desvio-padrão	$P_{2,5\%}$	Medianas	$P_{97,5\%}$
ST	a	72,12a	1,61	69,19	71,96	75,31
STE		68,93ab	1,75	65,68	68,90	72,66
STAE		66,34b	1,15	63,85	66,38	68,56
ST	b	14,69a	21,34	-38,00	10,45	60,80
STE		16,33a	3,10	13,32	16,10	19,41
STAE		18,55a	1,18	16,25	18,51	21,06
ST	c	0,012b	0,020	0,000	0,005	0,049
STE		0,063a	0,020	0,026	0,063	0,104
STAE		0,045ab	0,008	0,030	0,045	0,062
ST	DE (5%/h)	73,75b	0,62	72,72	73,65	75,32
STE		77,71a	0,80	76,08	77,71	79,34
STAE		75,08b	0,38	74,25	75,09	75,83

Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade.

ST = Silagem de Triticale; STE = Silagem de Triticale + Ervilha forrageira; STAE = Silagem de Triticale + Aveia + Ervilhaca + Ervilha forrageira.

A DE da PB foi maior ( $P<0,05$ ) na silagem STE em relação às demais, corroborando com os valores encontrados por Haj-Ayed et al. (2000) em trabalho com feno de aveia + ervilha forrageira. Da mesma forma que na DE da MS, a participação de leguminosas nas silagens (STE e STAE) interferiu positivamente para os maiores valores obtidos nessa variável, concordando com Pires et al. (2006), que na avaliação da DE da PB de alfafa e guandu encontraram valores com variações próximas

ao desse trabalho (80,2 e 72,2 respectivamente para alfafa e guandú). Esse comportamento já era esperado, visto dos maiores teores de PB contido nas silagens com presença de leguminosas.

A degradabilidade da FDN da silagem ST apresentou maior ( $P<0,05$ ) fração prontamente degradável no rúmen em relação à STE. Porém, esses valores deveriam estar mais próximos de zero, o que evidencia ocorrência de perdas ou

contaminação do material durante a incubação.

Também a fração potencialmente degradável foi superior ( $P < 0,05$ ) na silagem de triticale em relação às demais silagens, em virtude de diferenças na composição químico-bromatológica (VAN SOEST, 1994), em relação às silagens STE e STAE, além da maior quantidade de carboidratos totais (83,97%) presentes na silagem de triticale (Tabela 4). No entanto, para taxa de degradação (c) da fração b, a silagem STAE diferiu ( $P < 0,05$ ) da silagem ST.

Segundo Buxton e Redfearn (1997), as leguminosas geralmente apresentam taxa de digestão mais rápida da fração potencialmente digestível da FDN do que as gramíneas, porém essas apresentam maior porção de FDN potencialmente digestível. Ainda, Waldo, Smith e Cox (1972) relataram que a lignificação tem efeito mais forte sobre a extensão da digestão dos componentes da parede celular do que sobre a taxa associada ao desaparecimento desses componentes.

**Tabela 4.** Carboidratos totais (CHT), fracionamento de carboidratos (A+B1; B2; C) e frações nitrogenadas, (A; B1; B2; B3; C) das silagens.

Frações dos carboidratos	Tratamentos		
	ST	STE	STAE
CHT (%MS)	83,97a	79,87b	76,77c
A+B1(%CHT)	32,58b	44,27a	46,80a
B2 (%CHT)	56,90a	42,35b	39,68b
C (%CHT)	10,55b	13,32a	13,31ab

  

Frações nitrogenadas	Tratamentos		
	ST	STE	STAE
A (%PB)	58,96a	57,55ab	51,40b
B1 (%PB)	3,41a	2,39a	2,42a
B2 (%PB)	19,84a	12,28b	17,01a
B3 (%PB)	2,03b	12,23a	9,91a
C (%PB)	15,81a	15,40a	19,03a

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste Tukey ( $P < 5\%$ ). ST = Silagem de Triticale; STE = Silagem de Triticale + Ervilha forrageira; STAE = Silagem de Triticale + Aveia + Ervilhaca + Ervilha forrageira. CHT = Carboidratos Totais; A+B1 = Fração prontamente degradável; B2 = Fração potencialmente degradável; C = Fração não degradável; A = Nitrogênio Não Protéico; B1 = Fração nitrogenada solúvel; B2 = Fração nitrogenada de degradação intermediária; B3 = Fração nitrogenada de degradação lenta; C = Fração nitrogenada não degradável.

No tocante a DE da FDN, não foi observado efeito significativo ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos (Tabela 5). Em estudo de degradabilidade da forragem de cereais, Coblenz, Coffey e Turner (2000) obtiveram valores semelhantes da DE da

silagem de aveia e de trigo, confirmando o mesmo comportamento dessas gramíneas em relação ao triticale. Resultados semelhantes aos das silagens STE e STAE também foram relatados por Guedes et al. (2008) com silagem de aveia+ervilhaca.

**Tabela 5.** Estimativas Bayesianas (médias, desvios-padrão, mediana, e intervalos de credibilidade (P<sub>2,5%</sub> e P<sub>97,5%</sub>) nos parâmetros do modelo e da degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro.

Tratamentos	Parâmetros	Estimativas Bayesianas				
		Médias	Desvio-padrão	P <sub>2,5%</sub>	Medianas	P <sub>97,5%</sub>
ST	a	8,62a	0,61	7,26	8,66	9,72
STE		4,18b	1,85	0,62	4,20	7,91
STAE		4,99ab	1,85	1,33	4,99	8,66
ST	b	81,99a	5,59	72,05	81,75	94,36
STE		64,07b	4,70	57,32	63,37	75,81
STAE		59,90b	3,94	52,16	59,81	67,90
ST	c	0,013b	0,002	0,010	0,012	0,016
STE		0,019ab	0,004	0,012	0,019	0,027
STAE		0,027a	0,004	0,019	0,027	0,036
ST	DE (5%/h)	24,87a	0,39	24,19	24,86	25,70
STE		21,73a	1,65	18,51	21,69	25,11
STAE		25,79a	1,28	23,14	25,81	28,34

Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade.

ST = Silagem de Triticale; STE = Silagem de Triticale + Ervilha forrageira; STAE = Silagem de Triticale + Aveia + Ervilhaca + Ervilha forrageira.

Dados de outros trabalhos semelhantes são limitados em estudos com as mesmas espécies e tratamentos utilizados no presente trabalho. No entanto, os resultados obtidos por Khorasani et al. (1993); Haj-Ayed et al. (2000); Coblenz, Coffey e Turner (2000) e Vatandoost, Danesh Mesgaran e Valizadeh (2007) mostram coerência com os valores obtidos nesse estudo para o comportamento das variáveis estudadas nos tempos de incubação.

A silagem ST apresentou maior valor (P<0,05) para CHT em relação às silagens STE e STAE (Tabela 4). Isso pode ser explicado pela maior presença de carboidratos estruturais (FDN) na silagem ST (68,60%). Ferolla et al. (2008), estudando a composição química e o fracionamento de carboidratos de cereais de inverno, encontraram valores semelhantes (81% de CHT) aos obtidos nesse estudo na silagem ST.

Na fração rapidamente degradável dos carboidratos (A + B1), as silagens STE e STAE apresentaram superioridade (P<0,05) em relação à silagem ST, visto a maior quantidade de material intracelular presente nas leguminosas. A fração

potencialmente degradável dos carboidratos (B2) na silagem ST apresentou resultados mais elevados (P<0,05) em virtude do maior potencial de degradação da fibra das gramíneas em relação às leguminosas (BUXTON; REDFEARN, 1997). A fração dos carboidratos não-degradável (C) foi maior (P<0,05) para a silagem STE, e os menores valores foram verificados para a silagem ST, que foram semelhantes à silagem STAE. Esse fato pode ser justificado pela relação lignina/FDN, em que se detecta menor relação nas gramíneas, que apresentam altas concentrações de FDN, porém nas diferentes partes da planta, diferentemente das leguminosas, que têm maior concentração de FDN e lignina nos caules, possibilitando maior complexação entre esses componentes. Resultados de Ferolla et al. (2008) confirmam o mesmo comportamento nessas frações (B2 e C) no triticale.

Com relação ao fracionamento da proteína, a silagem ST apresentou a maior (P<0,05) fração solúvel, seguida da silagem STE. Essa característica também tem sido observada em outros trabalhos com triticale. Segundo Khorasani et al. (1993),

o triticale apresenta níveis de proteína solúvel mais altos em relação à cevada, aveia e alfafa. Waldo e Jorgensen (1981) também sugeriram que leguminosas possuem mais proteína não-degradável no rúmen do que gramíneas. Para a fração de degradação intermediária (B1) não houve diferença entre as silagens.

A fração de lenta degradação das proteínas (B2) das silagens ST e STAE foram maiores em relação à silagem STE (Tabela 4). Já a fração B3, das silagens STE e STAE apresentaram os maiores valores. Segundo Krishnamoorthy et al. (1983), essa fração é lentamente degradada no rúmen, pois é associada com a parede celular, mostrando que uma considerável parte da proteína das leguminosas está ligada a esta. A semelhança entre os tratamentos na fração c das proteínas é descrita, segundo Krishnamoorthy et al. (1983), como resultado da proteína associada à lignina; complexo proteína-taninos e produtos da reação de Maillard, os quais são altamente resistentes as enzimas microbianas e de mamíferos. Esses mesmos autores também relataram que, essa fração não pode ser degradada por bactérias no rúmen e não provê aminoácidos para a digestão pós-ruminal. Isso mostra que, uma expressiva parte da proteína das silagens não é aproveitada para o crescimento microbiano ou mesmo como fonte de proteína verdadeira no trato digestório pós-rúmen.

## Conclusões

As silagens de triticale e ervilha forrageira, e triticale + aveia + ervilhaca e ervilha forrageira apresentam melhor degradabilidade da matéria seca e sugerem ser uma potencial fonte de proteína não-degradável no rúmen. A silagem exclusiva de triticale mostra-se superior com relação à degradabilidade da fração fibrosa, apresentando também maior quantidade de carboidratos totais potencialmente degradáveis.

## Referências

- ALBRECHT, K. A.; MUCK, R. E. Proteolysis in ensiled forage legumes that vary in tannin concentration. *Crop Science*, Madison, v. 31, n. 2, p. 464-469. 1991.
- AGRICULTURE RESEARCH COUNCIL - ARC. *The nutrient requirements of ruminant livestock, supplement 1 - protein*. Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1984.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Official Methods of analysis*. 16<sup>th</sup> ed. 3<sup>rd</sup> Revision, Washington, D. C. 1997.
- BAIER, A. C.; SOUZA, P. G.; BOLDT, A. F. *Potencial do triticale no Mato Grosso do Sul*. Dourados: Uepae, 1988. p. 7-17. (Comunicado técnico).
- BEST, N. G.; COWLES, M. K.; VINES, K. *CODA: convergence diagnostics and output analysis software for Gibbs sampler output*. Cambridge: University of Nebraska Medical Center, 1995.
- BUMBIERIS JUNIOR, V. H.; DIAS, F. J.; KAZAMA, R.; ARRUDA, D. S.; JOBIM, C. C.; MORAES, M. G. Degradabilidade ruminal e fracionamento de carboidratos de silagens de grama estrela (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) com diferentes aditivos. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 28, n. 4, p. 761-772, 2007.
- BUXTON, D. R.; REDFEARN, D. D. Plant limitations to fiber digestion and utilization. *Journal of Nutrition*, Philadelphia, v. 127, p. 814S-818S, 1997. Suplemento.
- COBLENTZ, W. K.; COFFEY, K. P.; TURNER, J. E. Effect of maturity on degradation kinetics of sod-seeded cereal grain forage grown in northern arkansas. *Journal Dairy Science*, Savoy, v. 83, n. 11, p. 2499-2511, 2000.
- DAMASCENO, J. C.; SANTOS, G. T.; CÔRTEZ, C.; RÊGO, F. C. A. Aspectos da alimentação da vaca leiteira. In: SUL-LEITE SIMPÓSIO SOBRE SUSTENTABILIDADE DA PECUARIA LEITEIRA NA REGIÃO SUL DO BRASIL, 2., 2002, Toledo. *Anais...* Toledo: UEM, 2002. CD-ROM.
- DIAS, F. J.; EMILE, J. C.; AL RIFAI, M. Paturer du triticale en fin d'hiver pour économiser de l'eau. In: JOURNÉES DE L'AFPF, 2007, Paris. *Actes...* Paris: Association Française pour la Production Fourragère, 2007. p. 194-195.
- FEROLLA, F. S.; VÁSQUEZ, H. M.; SILVA, J. F. C.; VIANA, A. P.; DOMINGUES, F. N.; LISTA, F. N. Composição bromatológica e fracionamento de carboidratos e proteínas de aveia-preta e triticale sob corte e pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 37, n. 2, p. 197-204, 2008.

- GEWEKE, J. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments (with discussion). In: BERNARDO, J. M.; BERGER, J. O.; DAWID, A. P. et al. (Ed.). *Bayesian statistics 4*. Oxford: Oxford University Press, 1992. p. 169-193.
- GRENET, E.; DEMARQUILLY, C. Rappels sur la digestion des fourrages dans le rumen (parois) et ses conséquences. In: DEMARQUILLY, C. (Ed.). *Les fourrages fecs: récolte, traitement, utilisation*. Paris: INRA, 1987. p. 141-162.
- GUEDES, C. M.; RODRIGUES, M. A. M.; ALA, L. F.; FERREIRA, L. M.; SILVA, S. R.; CARNIDE, V. P. The effect of urea addition on the preservation of low dry matter oat-vetch silages. *Livestock Research for Rural Development*, Cali - Colombia, v. 20, n. 8, artigo 131, 2008.
- HAJ-AYED, M.; GONZÁLEZ, J.; CABALLERO, R.; ALVIR, M. R. Nutritive value of on-farm common vetch-oat hays. II. Ruminal degradability of dry matter and crude protein. *Annales de Zootechnie*, Paris, v. 49, n. 5, p. 391-398, 2000.
- HEIDELBERGER, P.; WELCH, P. Simulation run length control in the presence of an initial transient. *Operations Research*, Hanover, v. 31, n. 6, p. 1109-1144, 1983.
- JOBIM, C. C.; EMILE, J. C. Systèmes d'utilisation des céréales d'hiver pour l'alimentation des animaux au Brésil. *Fourrages*, Versailles, v. 159, n. 3, p. 259-267, 1999.
- KHORASANI, G. R.; OKINE, E. K.; KENNELLY, J. J.; HELM, J. H. Effect of whole crop cereal grain silage substituted for alfalfa silage on performance of lactating dairy cows. *Journal Dairy Science*, Savoy, v. 76, n. 11, p. 3536, 1993.
- KRISHNAMOORTHY, U. C.; SNIFFEN, C. J.; STERN, M. D.; VAN SOEST, P. J. Evaluation of a mathematical model of digesta and in-vitro simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen undegraded nitrogen content of feedstuffs. *British Journal of Nutrition*, Wallingford, v. 50, n. 3, p. 555-568, 1983.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.
- LOPES, F. C. F.; SILVA e OLIVEIRA, J.; LANES, E. C. M.; DUQUE, A. C. A.; RAMOS, C. Valor nutricional do triticale (X Triticosecalle Wittmack) para uso como silagem na Zona da Mata de Minas Gerais. *R. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, Belo Horizonte, v. 60, n. 6, p. 1484-1492, 2008.
- MARTINS, E. N.; ROSSI, R. M.; GUEDES, T. A.; JOBIM, C. C. Metodologia Bayesiana para comparação de parâmetros de modelos de regressão: uma aplicação a dados de degradabilidade ruminal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., Lavras. *Anais ...* Lavras: UFLA, 2008. CD-ROM.
- MCALLISTER, T. A.; MARTINEZ, T.; HEE DONG, B. Characterization of condensed tannins purified from legume forages: chromophore production, protein precipitation, and inhibitory effects on cellulose digestion. *Journal of Chemical Ecology*, Springer, v. 31, n. 9, p. 2049-2068, 2005.
- MEHREZ, A. Z.; ORSKOV, E. R. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *Journal of Agriculture Science*, Cambridge, v. 88, n. 1, p. 6450-6550, 1977.
- OLIVEIRA, J. S.; LANES, E. C. M.; LOPES, F. C. F.; ALMEIDA, E. J. D.; CARMO, S. G. Valor nutricional da planta, padrões de fermentação e qualidade da silagem de triticale em seis idades de corte. *Ciênc. Agropec.*, Lavras, v. 34, n. 3, p. 765-772, 2010.
- ORSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agriculture Science*, Cambridge, v. 92, n. 2, p. 499-504, 1979.
- PIRES, A. J. V.; REIS, R. A.; CARVALHO, G. G. P.; SIQUEIRA, G. R.; BERNARDES, T. F.; RUGGIERI, A. C.; ALMEIDA, E. O.; ROTH, M. T. P. Degradabilidade ruminal da matéria seca, da fração fibrosa e da proteína bruta de forrageiras. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 41, n. 4, p. 643-648, 2006.
- R Development Core Team (2007). *R. The R manuals*. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/manuals.html>>. Acesso em: 20 abr. 2011.
- REPETTO, J. L.; GONZÁLEZ, J.; CAJARVILLE, C. Relationship between ruminal degradability and chemical composition of dehydrated lucerne. *Animal Research*, Paris, v. 52, n. 1, p. 27-36, 2003.
- SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, Madison, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.
- SPIEGELHALTER, D. J.; THOMAS, A.; BEST, N. G. *BUGS: bayesian inference using gibbs sampling*. Cambridge: MRC Biostatistics Unit., 1994.
- STERN, M. D.; BACH, A.; CALSAMIGLIA, S.

Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. *Journal Animal Science*, Savoy, v. 75, n. 3, p. 2256-2276, 1997.

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

VAN SOEST, P. J.; 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*, Savoy, v. 74, n. 12, p. 3583-3597, 1991.

VANZANT, E. S.; COCHRAN, R. C.; TITGEMEYER, E. C. Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. *Journal of Animal Science*, Savoy, v. 76, n. 10, p. 2717-2729, 1998.

VATANDOOST, M.; DANESH MESGARAN, M.; VALIZADEH, R. Effect of whole crop silages (Triticale or barley) versus corn silage on performance of holstein lactating dairy cows. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, Islamabad, v. 6, n. 3, p. 344-348, 2007.

WALDO, D. R.; JORGENSEN, N. A. Forage for high animal production: nutritional factors and effects of conservation. *Journal Dairy Science*, Savoy, v. 64, n. 6 p. 1207, 1981.

WALDO, D. R.; SMITH, L. W.; COX, E. L. Model of cellulose disappearance from the rumen. *Journal Dairy Science*, Savoy, v. 55, n. 1, p. 125-129, 1972.