



Avaliação da digestibilidade de nutrientes, em bovinos, de alguns alimentos concentrados pela técnica de três estádios¹

Fernando Henrique Brussi Beran², Leandro das Dores Ferreira da Silva³, Edson Luis de Azambuja Ribeiro^{3*}, Marco Antônio da Rocha³, Jane Maria Bertocco Ezequiel^{4*}, Rômulo Alexandre Correa⁵, Valdecir de Souza Castro⁶, Kátia Cristina Fernandes da Silva⁷

¹ Parte da tese de Mestrado do primeiro autor apresentada à UEL.

² Pós-graduando em Ciência Animal, Universidade Estadual de Londrina (UEL).

³ Departamento de Zootecnia da UEL Caixa Postal 6001, CEP: 86051-990. Londrina-PR.

⁴ Departamento de Zootecnia (UNESP), Jaboticabal/SP.

⁵ Pós-graduação em Ciência Animal, área de Produção Animal/UEL - DZOT.

⁶ Graduando em Zootecnia (UEL), Bolsista de IC - PIBIC/CNPq.

⁷ Graduando em Medicina Veterinária - UEL.

* Bolsista do CNPq.

RESUMO - Este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar a digestibilidade de componentes nutricionais não-degradados no rúmen por meio da técnica de três estádios. Foram avaliados oito alimentos concentrados: grão de girassol integral (GI), torta de girassol com uma (TG1x) e com duas passagens pela prensa (TG2x), grão de soja integral (SI) e parcialmente desengordurado (SD), farelo de soja (FS), farelo de gérmen de milho desengordurado (GM) e concentrado comercial (CC) com 36% de PB. Os alimentos foram incubados no rúmen de bovinos por 33, 20 e 12 horas, correspondendo a taxas de passagens de 3, 5 e 8%/h, respectivamente. Os resíduos não-degradados no rúmen foram submetidos à digestão com solução de pepsina com pH 1,9 durante 1 hora e, posteriormente, em solução de pancreatina com pH 7,8 durante 24 horas, ambas a 38°C. Nos resíduos desta incubação, foram determinados a MS, MO e os teores de nitrogênio total. A digestibilidade intestinal *in vitro* da MS não degradada no rúmen, considerando taxa de passagem de 5%/h, variou de 7,88 a 37,72%, sendo que o CC e a SI apresentaram as maiores digestibilidades. A digestibilidade da PB não-degradada no rúmen variou de 13,67 a 81,76% para mesma taxa de passagem. O GI apresentou a menor e o CC e o FS as maiores digestibilidades da PB. A digestibilidade da MO variou de 7,93 a 37,14% para a mesma taxa de passagem, sendo que o GI foi o menos digestível e o CC e a SI, os mais digestíveis. Os menores valores para a proteína digestível não degradável no rúmen (PNDR_D), em g/kgMS, foram obtidos nas tortas de girassol com uma ou duas passagens, sugerindo que estes alimentos não devem ser empregados quando se deseja maiores teores de PNDR_D.

Palavras-chave: concentrado, farelo de soja, gérmen de milho, girassol, soja integral, torta de girassol

Evaluation of intestinal digestibility of different concentrate feeds using an *in vitro* three-step enzymatic procedure

ABSTRACT - The objective of this trial was to determine the intestinal digestibility of nutrients using an *in vitro* three-step enzymatic procedure. Eight concentrate feeds were evaluated: whole sunflower (WSF), mechanically pressed sunflower cake (SFC1x; one press extraction), mechanically pressed sunflower cake (SFC2x; two press extractions), whole soybean (WSB), partially degreased soybean (DSB), soybean meal (SBM), degreased corn germ meal (CGM), and a commercial concentrate with 36% of CP (CC). Feeds were incubated in the rumen of bovines for 33, 20 and 12 hours corresponding approximately to the rates of passage of 3, 5 and 8%/h, respectively. The ruminal undegradable residues were digested with a 1.9 pH-pepsin solution for one hour at 38°C followed by a second digestion with a 7.8 pH-pancreatin solution for 24 hours also at 38°C. The residues were then analyzed for total nitrogen, dry matter, and organic matter. The *in vitro* intestinal digestibilities of ruminal undegradable DM, protein, and organic matter assuming a rate of passage of 5%/h ranged from 7.88 to 37.72%, 13.67 to 81.76%, and 7.93 to 37.14%, respectively. Commercial concentrate and WSB showed the greatest dry matter and organic matter digestibilities. Crude protein digestibility was highest on CC and SBM and lowest on WSF. Organic matter digestibility also was lowest on WSF. The lowest values of digestible ruminal undegradable protein (RUP_D) were observed on both sunflower cakes (SFC1x and SFC2x) suggesting that these feeds should not be used in diets of animals with high requirements of RUP_D.

Key Words: concentrate, corn germ meal, soybean meal, sunflower, whole soybean, sunflower cake

Introdução

As exigências em proteína metabolizável dos ruminantes são atendidas pela proteína microbiana e pela proteína de origem dietética e endógena que escapa da fermentação ruminal (Silva & Leão, 1979). No entanto, para que animais com alta capacidade produtiva possam expressar seu potencial genético, é preciso maximizar a eficiência da síntese de proteína microbiana, a qual apresenta ótimo perfil em aminoácidos, relativamente constante, independentemente da dieta fornecida (Valadares Filho & Valadares, 2001).

A energia é o principal nutriente para que os microrganismos apresentem crescimento máximo. No entanto, a fonte e a quantidade de proteína não devem ser desconsideradas, pois, quando a fermentação da proteína e dos carboidratos ocorre a uma mesma taxa de degradação, verificam-se a maximização da síntese de proteína microbiana e o aumento da ingestão de proteína metabolizável, que pode ainda ser maximizada pelo fornecimento de proteínas de baixa degradabilidade, ou de maior escape da fermentação ruminal, quando estas proteínas apresentam boa biodisponibilidade intestinal, processo influenciado pela taxa de passagem (Martins et al., 1999).

A digestibilidade intestinal da proteína não-degradada no rúmen é considerada constante por alguns sistemas, como o britânico AFRC (1993), que estima em 90% a digestibilidade desta proteína. O sistema proposto em Cornell, CNCPS, descrito por Sniffen et al. (1992), considera 100% de digestibilidade intestinal para as frações protéicas B₁ e B₂ e em 80% a digestibilidade para a fração B₃, associada à parede celular, que possui lenta degradação. Desse modo, para evitar erros, torna-se necessário determinar de forma mais precisa a digestibilidade intestinal de cada alimento (Cabral et al., 2001).

O objetivo neste trabalho foi determinar, pela técnica de três estádios, a digestibilidade *in vitro* de alguns nutrientes (MS, MO e PB) dos resíduos não-degradados de oito alimentos concentrados incubados no rúmen por 33, 20 e 12 horas, período correspondente, respectivamente, às taxas de passagens de 3%/h e de 5 e 8%/h (AFRC, 1993).

Material e Métodos

O experimento foi realizado nas dependências do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Londrina. Foram utilizados quatro bovinos da raça Holandesa, machos castrados, com 650 kg PV.

Os animais foram mantidos em pastagem de capim-colômbio (*Panicum maximum*) durante todo o período

experimental. Foram submetidos a um período de 15 dias de adaptação no qual receberam (duas vezes ao dia, às 7 e 18h), via cânula ruminal, 3 kg de concentrado composto de milho e de quantidades proporcionais dos alimentos em estudo. Os animais tiveram livre acesso à mistura mineral e água e foram distribuídos ao acaso nos tempos de degradação utilizados como parcelas subdivididas.

Os alimentos incubados *in situ* foram: grão de girassol integral (GI), tortas de girassol com uma (TG1x) e duas (TG2x) prensagens para retirada de óleo, grão de soja integral (SI), grão de soja parcialmente desengordurado (SD), farelo de soja (FS), gérmen de milho desengordurado (GM) e concentrado comercial com 36% de PB (CC).

Os alimentos desengordurados foram obtidos por meio de destilações com éter de petróleo durante 6 horas. Os resíduos não-degradados *in situ* e não digeridos *in vitro* foram homogeneizados e processados em moinho com peneira de 1 mm para determinação dos teores de MS, MO e PB (Tabela 1), conforme metodologia citada por Silva & Queiroz (2002).

As digestibilidades intestinais *in vitro* da M, MO e PB não degradáveis no rúmen foram obtidas conforme preconizado por Calsamiglia & Stern (1995). As amostras dos resíduos não-degradados no rúmen (de cada alimento), por tempo de incubação, contendo 15 mg de N residual foram submetidas à digestão em 10 mL de solução 0,01 N de HCL contendo 1 g/L de pepsina (Sigma P-7012) com pH de 1,9. As amostras foram misturadas e incubadas por uma hora em banho-maria, tipo *dubnoff*, com agitador, a 38°C. Depois desta etapa, as amostras foram neutralizadas com 0,5 mL de solução de NaOH a 1N, adicionadas de 13,5 mL de solução de pancreatina em tampão de KH₂PO₄ a 0,05M, com pH de 7,8 contendo 50 ppm de *tymol* e 3 g/L de pancreatina (Sigma P-7545) e incubadas por 24 horas a 38°C. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as diferenças entre médias foram comparadas pelo teste Tukey, pelo procedimento GLM do SAS[®] (1990) a 5% de probabilidade.

Os dados relativos à digestão total *in vitro*, à digestão intestinal *in vitro* em relação ao total dos diferentes componentes nutritivos e à proteína não degradável no rúmen digestível para taxas de passagem de 3, 5 e 8%/h foram analisados conforme o modelo:

$$Y_{ik} = \mu + a_i + e_i + t_k + at_{ik} + e_{ik},$$

em que: Y_{ik} = valor observado para o alimento i, no tempo k; μ = média geral; a_i = efeito do alimento i; (i = 1 a 8) e_i = erro experimental relativo à parcela; t_k = tempo k; (k = 1, 3); at_{ik} = interação alimento i x tempo k; e_{ik} = erro experimental relativo à subparcela.

Tabela 1 - Composição (%), em MS, MO, PB e EE dos alimentos incubados e dos resíduos da degradação para taxas de passagem de 3, 5 e 8%/h

Table 1 - Chemical composition of feeds and residues assuming ruminal passage rates of 3, 5, and 8%/h

Alimento <i>Feed</i>	MS do alimento <i>% of DM of feed</i>				MS <i>DM</i>	Composição química do resíduo a 3%/h <i>Chemical composition of the residue at 3%/h</i>			MS <i>DM</i>	Composição química do resíduo a 5%/h <i>Chemical composition of the residue at 5%/h</i>		MS <i>DM</i>	Composição química do resíduo a 8%/h <i>Chemical composition of the residue at 8%/h</i>	
	MO	PB	EE	MO		PB	MO	PB		MO	PB			
	<i>OM</i>	<i>CP</i>	<i>EE</i>	<i>OM</i>		<i>CP</i>	<i>OM</i>	<i>CP</i>		<i>OM</i>	<i>CP</i>			
GI	93,24	97,36	15,46	38,06	94,13	98,67	2,43	94,21	98,93	2,52	94,69	99,16	3,47	
<i>WSF</i>														
TG1x	90,58	95,83	22,89	23,87	93,89	97,32	2,45	94,25	99,16	2,48	94,47	99,22	2,57	
<i>SFC1x</i>														
TG2x	86,40	94,98	27,77	25,57	94,00	95,05	3,00	94,56	98,11	2,96	94,69	98,99	3,08	
<i>SFC2x</i>														
SI	88,27	94,87	40,13	21,05	92,94	96,15	14,96	93,44	98,32	24,26	93,13	98,02	42,08	
<i>WSB</i>														
SD	90,14	94,27	51,45	7,62	91,92	96,98	15,25	92,75	98,47	26,17	92,45	97,66	42,26	
<i>DSB</i>														
FS	89,74	93,17	47,53	1,60	92,50	95,58	18,67	92,54	96,59	15,50	91,33	97,27	49,55	
<i>SBM</i>														
GM	88,03	92,65	10,79	0,20	92,75	89,02	12,40	91,08	93,49	10,70	91,11	93,46	10,44	
<i>CGM</i>														
CC	89,54	85,94	37,76	1,94	93,57	75,47	38,80	93,52	77,07	42,61	93,16	80,03	43,60	
<i>CC</i>														

GI - girassol integral; TG1x - torta de girassol obtida com uma prensagem; TG2x - torta de girassol obtida com duas prensagens; SI - soja integral; SD - soja parcialmente desengordurada; FS - farelo de soja; GM - gérmen de milho desengordurado; CC - concentrado comercial.
WSF - whole sunflower; SFC1x - mechanically pressed sunflower cake (one press extraction); SFC2x - mechanically pressed sunflower cake (two press extractions); WSB - whole soybean; DSB - degreased whole soybean; SBM - soybean meal; CGM - degreased corn germ; CC - commercial concentrate.

Resultados e Discussão

A digestibilidade total da MS e MO do grão integral de girassol (GI) foi maior ($P < 0,05$), para todas as taxas de passagem, que a da torta de girassol (TG1x) obtida com uma prensagem (Tabela 2). Esses resultados indicam que o teor de óleo não teve efeito negativo na digestão destes componentes nutritivos. Os valores observados neste estudo foram superiores aos de 52,9 e 61,1% relatados por Bett et al. (2004) para a digestibilidade *in vitro* da MS e da MO de algumas variedades de grãos de girassol.

A torta de girassol obtida com duas prensagens (TG2x) apresentou digestibilidade total da MS e MO superior ($P < 0,05$) à da TG1x, provavelmente em virtude de sua menor granulometria ou de alguma desestruturação química decorrente do aumento da temperatura no processo de prensagem. Embora tenha perdido mais de 4% de óleo na segunda prensagem, a TG2x apresentou teores de EE superiores aos da TG1x (Tabela 1), demonstrando que algum componente químico da TG1x foi alterado, tornando-os mais digestíveis que outros compostos orgânicos da TG2x.

As digestibilidades totais da MS do grão de soja integral (SI), do grão parcialmente desengordurado (SD) e do farelo de soja (FS) foram elevadas, não sendo observadas diferenças significativas a taxas de passagem de 3 e 5%/h.

A digestibilidade total da MS do FS foi de 8%/h, 93,55%, a do SI de 90,54% e a do SD de 86,85%.

A digestibilidade total da MS do grão integral de soja (90,54%) obtida com taxa de passagem de 8%/h foi superior à de 86,5% relatada por Ramos et al. (1996) utilizando a técnica dos sacos móveis. No entanto, os 86,85% observados para o grão parcialmente desengordurado foram muito semelhantes aos 86,5% relatados por estes autores para o grão de soja integral com mesmo tempo de incubação.

O farelo de soja resultou em digestibilidade total da MS (93,55%) a 8%/h semelhante aos valores reportados por Ramos et al. (1996), de 92,10%, Rodriguez et al. (2003), de 90,70%, nos mesmos tempos utilizando a técnica dos sacos de náilon móveis, e Londoño Hernández et al. (1998), de 92,80 e 93,63% para a digestibilidade total da MS do farelo de soja a 8 e 24 horas de incubação ruminal, respectivamente. O grão de soja integral, o grão de soja parcialmente desengordurado e o farelo de soja, a exemplo do ocorrido com a MS, apresentaram elevadas digestibilidades totais da MO, que não diferiram nas taxas de passagem de 3 e 5%/h, sendo diferentes ($P < 0,05$) apenas a 8%/h.

Para o farelo de gérmen de milho, a digestibilidade total da MS variou de 66,98% (8%/h) a 87,35% (3%/h), de modo que os 75,88% obtidos a 5%/h foram semelhantes aos 74,60% divulgados por Galati (2004) para a digestibilidade total da MS.

Tabela 2 - Digestibilidade total (%) da MS e da MO para taxas de passagem de 3, 5 e 8%/h
 Table 2 - Total digestibility (%) of DM and OM assuming ruminal rates of passage of 3, 5 and 8%/h

Alimento Feed	MS (%) DM (%)	Digestibilidade total da MS (%) Total digestibility of DM (%)			MO (%) OM (%)	Digestibilidade total da MO (%) Total digestibility of OM (%)		
		Taxa de passagem (%) Rate of passage (%)				Taxa de passagem (%) Rate of passage (%)		
		3%/h	5%/h	8%/h		3%/h	5%/h	8%/h
GI (WSF)	93,24	77,44 ^d	75,03 ^c	73,53 ^d	97,36	77,06 ^c	74,57 ^c	74,04 ^d
TG1x (SFC1x)	90,58	66,83 ^e	64,56 ^e	62,19 ^f	95,83	65,97 ^d	63,35 ^e	60,86 ^f
TG2x (SFC2x)	86,40	74,41 ^d	72,10 ^d	69,28 ^e	94,98	73,88 ^c	70,94 ^d	67,99 ^e
SI (WSB)	88,27	99,06 ^a	96,70 ^a	90,54 ^{ab}	94,87	99,06 ^a	96,70 ^a	90,19 ^{ab}
SD (DSB)	90,14	99,40 ^a	96,17 ^a	86,85 ^b	94,27	99,40 ^a	96,00 ^a	86,25 ^b
FS (SBM)	89,74	98,89 ^a	97,02 ^a	93,55 ^a	93,17	98,89 ^a	96,88 ^a	93,45 ^a
GM (CGM)	88,03	87,35 ^b	75,88 ^c	66,98 ^e	92,65	87,33 ^b	75,24 ^c	65,61 ^{ef}
CC (CC)	89,54	83,11 ^c	81,19 ^b	79,58 ^c	85,94	85,46 ^b	82,99 ^b	80,51 ^c
CV (%)		1,86	1,33	2,05		1,65	1,41	2,65

GI - girassol integral; TG1x - torta de girassol obtida com uma prensagem; TG2x - torta de girassol obtida com duas prensagens; SI - soja integral; SD - soja parcialmente desengordurada; FS - farelo de soja; GM - gérmen de milho desengordurado; CC - concentrado comercial.

Letras minúsculas indicam médias diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey na mesma coluna.

WSF - whole sunflower; SFC1x - mechanically pressed sunflower cake (one press extraction); SFC2x - mechanically pressed sunflower cake (two press extractions); WSB - whole soybean; DSB - degreased whole soybean; SBM - soybean meal; CGM - degreased corn germ; CC - commercial concentrate.

Means followed by small letters in the column differ ($P < 0,05$) by Tukey test.

As digestibilidades intestinais *in vitro* da MS (DIVMS) e da MO (DIVMO) podem ser visualizadas na Tabela 3. A mesma tendência do ocorrido com as tortas de girassol (TG1 e TG2) foi observada para o grão de girassol integral, não sendo detectada influência negativa do teor de óleo sobre a digestibilidade *in vitro* da MS e da MO. Essa dedução pode ser confirmada pelos valores semelhantes registrados para a DIVMS (7,25 a 10,32%) e para a DIVMO (6,96 a 10,27%) do grão de girassol integral.

Tendência semelhante foi observada para a torta de girassol com uma ou duas passagens pela prensa – o número de passagens não influenciou os coeficientes de digestibilidade intestinal *in vitro*, que não diferiram ($P > 0,05$), variando de 9,56 a 8,57% para a DIVMS e de 8,65 a 8,57% para a DIVMO da torta com uma prensagem; e de 12,26 a 8,48% para a DIVMS e de 10,47 a 8,48% para a DIVMO da torta com duas prensagens.

O farelo de girassol apresentou coeficientes de digestibilidade intestinal *in vitro* da MS de 7,39% (3%/h), 9,52% (5%/h) e 11,96% (8%/h), próximos aos encontrados por Galati (2004), de 12,40%.

O grão de girassol integral e as tortas com uma ou duas prensagens não diferiram ($P > 0,05$) quanto aos coeficientes de digestibilidade intestinal *in vitro* da MS e MO dentro das mesmas taxas de passagem no rúmen, provavelmente em decorrência das elevadas degradabilidades efetivas destes alimentos, proporcionando pequenas quantidades destes componentes para a digestão no trato intestinal e resultando em baixos coeficientes de digestibilidade. Além disso, esses alimentos possuem elevados teores de fibra, que apresenta digestibilidade intestinal *in vitro* nula.

No entanto, em ensaios de digestibilidade *in vivo*, a fibra sofre digestão no intestino grosso, podendo fornecer de 4 a 26% de energia digestível (Teixeira, 1998).

Entre o grão de soja integral e o parcialmente desengordurado, não foi constatada diferença para a digestibilidade *in vitro* da MS nas três taxas de passagem estudadas – os valores variaram de 16,52 a 38,80% para o grão de soja integral e de 23,31 a 42,66% para o grão de soja parcialmente desengordurado. Ramos et al. (1996), no entanto, relataram valores de 5,90% de digestibilidade intestinal para o grão de soja integral com 12 horas de incubação, inferiores aos encontrados neste estudo.

O farelo de soja apresentou o maior coeficiente de digestibilidade intestinal *in vitro* da MS (60,43% com 12 horas de incubação ruminal - 8%/h), superior ao observado por Ramos et al. (1996), de 27,40% para o mesmo tempo de incubação ruminal. Esse coeficiente de digestibilidade foi semelhante ao de 63,50% verificado por Rodriguez et al. (2003) em mesmo tempo de incubação ruminal. O mesmo foi observado para a MO do farelo de soja, que apresentou a maior digestibilidade *in vitro* (60,38%).

O farelo de gérmen de milho desengordurado não diferiu ($P > 0,05$) do FS quanto à digestibilidade *in vitro* da MS e da MO nas taxas de passagem de 3 e 5%/h (Tabela 3). Estes resultados são muito inferiores ao de 46,00% relatado por Galati (2004), que avaliaram a digestibilidade intestinal da MS do gérmen de milho. Contudo, a digestão ruminal de 52,60% reportada por esse autor foi menor que a de 61,10% de degradabilidade efetiva a 8%/h encontrada por Beran et al. (2005) para as degradações *in situ* destes alimentos. Neste caso, parte das

Tabela 3 - Digestibilidade intestinal *in vitro* da MS e MO para taxas de passagem de 3, 5 e 8%/h em porcentagem (%)Table 3 - *In vitro* intestinal digestibility of DM and OM assuming ruminal rates of passage of 3, 5 and 8%/h

Alimento Feed	MS DM	Digestibilidade <i>in vitro</i> da MS (%) <i>In vitro</i> digestibility of DM (%)			MO OM	Digestibilidade <i>in vitro</i> da MO (%) <i>In vitro</i> digestibility of OM (%)		
		Taxa de passagem (%) <i>Rate of passage (%)</i>				Taxa de passagem (%) <i>Rate of passage (%)</i>		
		3%/h	5%/h	8%/h		3%/h	5%/h	8%/h
		GI (WSF)	93,24	7,25 ^b		8,71 ^d	10,32 ^c	97,36
TG1x (SFC1x)	90,58	9,56 ^b	9,56 ^d	8,57 ^c	95,83	8,65 ^b	9,60 ^d	8,57 ^c
TG2x (SFC2x)	86,40	12,26 ^b	10,00 ^d	8,48 ^c	94,98	10,47 ^b	9,25 ^d	8,48 ^c
SIW (SB)	88,27	16,52 ^{ab}	27,41 ^b	38,80 ^b	94,87	17,39 ^{ab}	27,58 ^b	38,62 ^b
SD (DSB)	90,14	23,31 ^{ab}	24,14 ^{bc}	42,66 ^b	94,27	24,98 ^{ab}	24,24 ^b	42,38 ^b
FS (SBM)	89,74	17,78 ^{ab}	20,51 ^{bc}	60,43 ^a	93,17	20,13 ^{ab}	19,61 ^{bc}	60,38 ^a
GM (CGM)	88,03	16,47 ^{ab}	15,66 ^{cd}	16,31 ^c	92,65	12,94 ^b	14,18 ^{cd}	13,51 ^c
CC (CC)	89,54	32,88 ^a	37,72 ^a	41,83 ^b	85,94	33,45 ^a	37,14 ^a	40,41 ^b
CV (%)		47,83	19,31	18,42		48,56	21,32	19,51

GI - girassol integral; TG 1x - torta de girassol com uma prensagem; TG2x - torta de girassol com duas prensagens; SI - soja integral; SD - soja parcialmente desengordurada; FS - farelo de soja; GM - gérmen de milho desengordurado; CC - concentrado comercial.

Letras minúsculas indicam médias diferentes ($P < 0,05$) pelo teste *Tukey* na mesma coluna.

WSF - whole sunflower; SFC1x - mechanically pressed sunflower cake (one press extraction); SFC2x - mechanically pressed sunflower cake (two press extractions); WSB - whole soybean; DSB - degreased whole soybean; SBM - soybean meal; CGM - degreased corn germ; CC - commercial concentrate.

Means followed by small letters in the column differ ($P < 0,05$) by *Tukey* test.

diferenças pode ser atribuída à maior quantidade de matéria passante pelo rúmen em unidade de tempo.

As digestibilidades totais e *in vitro* em relação ao total da PB dos alimentos são apresentadas na Tabela 4. De modo geral, os valores encontrados para as digestibilidades totais da PB podem ser considerados altos, pois variaram de 92,67 a 99,87% (a 3%/h), de 89,66 a 99,63% (a 5%/h) e de 85,72 a 98,78% (a 8%/h).

O grão de girassol integral apresentou valores de 95,63 a 96,95%, superiores aos relatados por Bett et al. (2004), de 91,6 a 94,5% para as digestibilidades totais *in vitro* da PB para três variedades de grãos de girassol.

Entre a torta de girassol com uma ou duas passagens pela prensa, não houve diferença ($P > 0,05$) para as digestibilidades totais da PB, indicando que o número de passagens pela prensa não afetou a digestibilidade deste componente no trato digestivo total.

Entre o grão de soja integral e o parcialmente desengordurado, não foram registradas diferenças ($P > 0,05$) para a digestibilidade total da PB a taxas de passagem de 3, 5 e 8%/h. Esses valores foram próximos aos encontrados por Ramos et al. (1996), que relataram digestibilidade total da PB do grão de soja de 91,40% com 12 horas de incubação ruminal.

Os produtos da soja e a torta de girassol com duas prensagens foram os alimentos de maiores digestibilidades totais da PB para as taxas de passagem de 3 e 5%/h. Entretanto, a 8%/h apenas a proteína do farelo de soja apresentou digestibilidades semelhantes à da torta com uma e duas prensagens.

Os valores encontrados neste trabalho corroboram aqueles observados por Ramos et al. (1996) e Rodrigues et al. (2003), de 98,90 e 98,60%, respectivamente, para a digestibilidade total da PB (12 horas de incubação ruminal), e por Londoño Hernández (1998), que reportaram valores de 97,02 e 97,62% (8 e 24 horas de incubação ruminal) para o farelo de soja.

O grão de girassol e seus subprodutos apresentaram maiores digestibilidades a 8%/h se comparados ao grão de soja integral e ao grão de soja parcialmente desengordurado, provavelmente em virtude da alta degradabilidade efetiva da PB desses alimentos a essa mesma taxa de passagem. O número de passagens pela prensa não influenciou as digestibilidades intestinais *in vitro* da PB da torta de girassol. O grão de soja integral e o parcialmente desengordurado não diferiram quanto à digestibilidade intestinal *in vitro* da PB. Todavia, houve aproximadamente 10% de diferença entre as digestibilidades médias, o que biologicamente não pode ser desconsiderado. Esses resultados foram superiores aos relatados por Ramos et al. (1996), de 8,20% com 12 horas de incubação ruminal, e Cabral et al. (2001), de 25,07% com 16 horas de incubação ruminal utilizando farelo de soja.

O grão de soja integral e o grão parcialmente desengordurado não diferiram quanto à digestibilidade da PB nas três taxas de passagem estudadas. Neste caso, o fornecimento do grão de soja, integral ou desengordurado, aos bovinos não incidiu prejuízos na digestibilidade da fração protéica.

Tabela 4 - Digestibilidades total e intestinal *in vitro* da PB, em %, nas taxas de passagem de 3, 5 e 8%/h
 Table 4 - Total digestibility and *in vitro* intestinal digestibility of CP assuming ruminal rates of passage of 3, 5 and 8%/h

Alimento Feed	MS DM	Digestibilidade total da PB Total digestibility of CP			PB CP	Digestibilidade intestinal <i>in vitro</i> da PB (%) In vitro intestinal digestibility of CP (%)		
		Taxa de passagem (%) Rate of passage (%)				Taxa de passagem (%) Rate of passage (%)		
		3%/h	5%/h	8%/h		3%/h	5%/h	8%/h
GI (WSF)	93,24	96,95 ^b	96,32 ^c	95,63 ^b	15,46	20,11 ^{def}	16,91 ^d	31,59 ^c
TG1x (SFC1x)	90,58	96,62 ^b	96,52 ^c	96,34 ^{ab}	22,89	13,49 ^f	17,49 ^d	21,32 ^c
TG2x (SFC2x)	86,40	97,39 ^{ab}	97,27 ^{bc}	96,88 ^{ab}	27,77	16,93 ^{ef}	17,27 ^d	16,15 ^c
SI (WSB)	88,27	99,73 ^a	98,67 ^{ab}	94,32 ^{bc}	40,13	34,64 ^{cde}	50,13 ^c	66,10 ^b
SD (DSB)	90,14	99,87 ^a	99,02 ^{ab}	92,57 ^c	51,45	40,24 ^{bcd}	60,85 ^{bc}	63,90 ^b
FS (SBM)	89,74	99,70 ^a	99,63 ^a	98,78 ^a	47,53	42,29 ^{bc}	69,67 ^{ab}	92,95 ^a
GM (CGM)	88,03	92,67 ^c	89,66 ^e	85,72 ^d	10,79	57,71 ^{ab}	63,18 ^{bc}	62,04 ^b
CC (CC)	89,54	93,64 ^c	93,76 ^d	94,52 ^{bc}	37,76	74,88 ^a	81,76 ^a	86,41 ^a
CV (%)		1,14	0,80	1,31		23,20	16,02	12,44

GI - girassol integral; TG1x - torta de girassol obtida com uma prensagem; TG2x - torta de girassol obtida com duas prensagens; SI - soja integral; SD - soja parcialmente desengordurada; FS - farelo de soja; GM- gérmen de milho desengordurado; CC- concentrado comercial.

Letras minúsculas indicam médias diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey na mesma coluna.

WSF - whole sunflower; SFC1x - mechanically pressed sunflower cake (one press extraction); SFC2x - mechanically pressed sunflower cake (two press extractions); WSB - whole soybean; DSB - degreased whole soybean; SBM - soybean meal; CGM - degreased corn germ; CC - commercial concentrate.

Means followed by small letters in the column differ ($P < 0,05$) by Tukey test.

As digestibilidades totais da PB do concentrado comercial foram de 93,64 (3%/h), 93,76 (5%/h) e 94,52% (8%/h), superiores apenas às encontradas para o GM. Em termos quantitativos, pode-se considerar, no entanto, que este concentrado apresentou ótima digestibilidade da PB em bovinos, pois resultou em altos níveis de PB *by pass* (PNDR) e em alta digestibilidade intestinal *in vitro* (PNDR_D).

Entre os alimentos avaliados, os resíduos não-degradados no rúmen do farelo de soja e do concentrado comercial apresentaram as maiores digestibilidades intestinais *in vitro* da PB a 8%/h de taxa de passagem (92,95 e 86,41%, respectivamente). Os valores de digestibilidade intestinal *in vitro* da PB do farelo de soja foram similares aos descritos na literatura. Masoero et al. (1994) relataram, para o farelo de soja, digestibilidade intestinal da PB de 97,56%; Erasmus et al. (1994), Cabral et al. (2001) e Londoño Hernández et al. (2002) registraram valores de 98,00; 82,68 e 84,67%, respectivamente, com 16 horas de incubação ruminal; Ramos et al. (1996) descreveram valor de 39,10% com 12 horas de incubação ruminal; e Londoño Hernández et al. (1998), valores de 44,27 e 14,33% para a digestibilidade com 8 e 24 horas de incubação ruminal.

O grão de girassol e seus subprodutos apresentaram as menores digestibilidades intestinais *in vitro* da PB, provavelmente em virtude das elevadas degradabilidades efetivas (PDR) e do maior teor de fibra destes alimentos.

Galati (2004) observou digestibilidade pós-ruminal da PB do farelo de gérmen de milho de 77,6%, superior

às encontradas neste estudo, de 57,71 (3%/h), 63,18 (5%/h) e 62,04% (8%/h).

O concentrado comercial foi o alimento que forneceu a maior quantidade de proteína não degradável no rúmen (PNDR_D) para todas as taxas de passagem, 98,49 (3%/h), 117,01 (5%/h) e 133,31 g/kg (8%/h) (Tabela 5). O farelo de gérmen de milho resultou em maior porcentagem de PNDR, 43,19% (8%/h), mas a PNDR_D em g/kg MS foi menor ($P < 0,05$) que aquela do SI e de seus subprodutos e mais elevada ($P < 0,05$) que aquela observada para os subprodutos do grão de girassol.

O farelo de soja mostrou-se altamente degradável, com valores de PNDR inferiores aos relatados por Cabral et al. (2000 e 2001) e Valadares Filho (1995), adaptado por Valadares Filho (1997).

Para o grão de soja integral, a PNDR_D foi de 30,74 e 56,38 g/kg MS nas taxas de passagem de 5 e 8%/h, respectivamente, valores inferiores aos relatados por Cabral et al. (2000), de 88,85 e 113,82 g/kgMS para taxas de passagem de 3 e 6%/h. No entanto, os resultados encontrados neste trabalho foram superiores aos de 22 g/kg MS de PNDR_D registrados por Cabral et al. (2001) em estudo com resíduos não-degradados após 16 horas de incubação ruminal.

O grão de soja integral, em comparação ao grão de girassol integral, forneceu maiores quantidades de PNDR_D em g/kg MS, pois apresentou menores quantidades de PDR além de ser constituído de maiores teores de PB. O mesmo comportamento foi observado para o grão de soja parcialmente desengordurado e o grão de girassol parcialmente desengordurado.

Tabela 5 - Teores de PB, proteína degradável no rúmen (PDR), proteína não degradável no rúmen (PNDR), em %, e proteína não degradável no rúmen digestível (PNDR_D), em g/kgMS
 Table 5 - Contents of CP, ruminal-degradable protein (RDP), ruminal-undegradable protein (RUP), and digestible ruminal-undegradable protein (RUP_D) of different concentrate feeds

Alimento Feed	PB CP	3%/h taxa de passagem 3%/h rate of passage			5%/h taxa de passagem 5%/h rate of passage			8%/h taxa de passagem 8%/h rate of passage		
		PDR RDP	PNDR RUP	PNDR _D RUP _D (g/kgMS) (g/kgDM)	PDR RDP	PNDR RUP	PNDR _D RUP _D (g/kgMS) (g/kgDM)	PDR RDP	PNDR RUP	PNDR _D RUP _D (g/kgMS) (g/kgDM)
		GI (WSF)	15,46	92,59 ^{bc}	7,41 ^{cd}	2,27 ^c	90,70 ^b	9,30 ^c	2,50 ^d	88,38 ^b
TG1x (SFC1x)	22,89	95,01 ^{ab}	4,99 ^{de}	1,56 ^c	94,48 ^a	5,52 ^d	2,24 ^d	93,85 ^a	6,15 ^d	3,00 ^f
TG2x (SFC2x)	27,77	96,24 ^a	3,76 ^e	1,77 ^c	95,93 ^a	4,07 ^d	1,94 ^d	95,56 ^a	4,44 ^d	1,99 ^f
SIW (SB)	40,13	89,76 ^c	10,24 ^c	14,20 ^{bc}	84,74 ^c	15,26 ^b	30,74 ^c	78,76 ^c	21,24 ^b	56,38 ^d
SDD (SB)	51,45	90,13 ^c	9,87 ^c	20,82 ^b	85,23 ^c	14,77 ^b	46,56 ^b	79,39 ^c	20,61 ^b	67,58 ^c
FS (SBM)	47,53	91,15 ^c	8,85 ^c	17,72 ^b	86,58 ^c	13,42 ^b	44,44 ^b	80,86 ^c	19,14 ^b	84,56 ^b
GM (CGM)	10,79	68,51 ^d	31,49 ^b	19,54 ^b	62,71 ^d	37,30 ^a	25,51 ^c	56,81 ^d	43,19 ^a	28,95 ^e
CC (CC)	38,90	65,18 ^e	34,82 ^a	98,49 ^a	62,08 ^d	37,92 ^a	117,01 ^a	58,12 ^d	40,88 ^a	133,31 ^a
CV (%)		1,42	8,77	28,56	1,54	7,44	16,46	1,68	6,37	8,45

GI - girassol integral; TG1x - torta de girassol obtida com uma prensagem; TG2x - torta de girassol obtida com duas prensagens; SI - soja integral; SD - soja parcialmente desengordurada; FS - farelo de soja; GM - gérmen de milho desengordurado; CC - concentrado comercial.
 Letras minúsculas indicam médias diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey na mesma coluna.
 WSF - whole sunflower; SFC1x - mechanically pressed sunflower cake (one press extraction); SFC2x - mechanically pressed sunflower cake (two press extractions); WSB - whole soybean; DSB - degreased whole soybean; SBM - soybean meal; CGM - degreased corn germ; CC - commercial concentrate.
 Means followed by small letters in the column differ (P<0.05) by Tukey test.

Conclusões

As tortas de girassol obtidas com uma ou duas passagens pela prensa apresentaram os menores valores para a PNDR_D em g/kgMS, sugerindo que estes alimentos não devem ser utilizados quando se deseja obter maiores teores de PNDR_D.

A digestibilidade total da PB do gérmen de milho foi semelhante às observadas para os grãos de soja integral e parcialmente desengordurada e o farelo de soja, porém, nas formulações de rações, devem ser considerados os baixos teores de proteína no gérmen de milho em relação aos ingredientes provenientes da soja.

Embora em alguns sistemas de adequação de dietas para ruminantes, as digestibilidades das PNDR seja consideradas constantes, os resultados encontrados neste estudo sugerem que esta fração é variável.

Literatura Citada

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants.** Wallingford: CAB International, 1993. p.119.
 BERAN, F.H.B.; SILVA, L.D.F.; RIBEIRO, E.L.A. et al. Degradabilidade ruminal "in situ" da matéria seca, matéria orgânica e da proteína bruta de alguns suplementos concentrados usados na alimentação de bovinos. **Semina Ciência Agrária**, v.26, n.3, p.405-417, 2005.
 BETT, V.; OLIVEIRA, M.D.S.; SOARES, W.V.B. et al. Digestibilidade *in vitro* e degradabilidade *in situ* de diferentes variedades de grãos de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Acta Scientiarum**, v.26, n.4, p.513-519, 2004.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A.M. et al. Frações protéicas de alimentos tropicais e suas taxas de digestão estimadas pela incubação com proteases ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2316-2324, 2000 (supl. 2).
 CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A.M. et al. Estimação da digestibilidade intestinal da proteína de alimentos por intermédio da técnica de três estádios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.546-552, 2001.
 CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. A three-step "in vitro" procedure for estimating intestinal digestion of protein ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, n.5, p.1459-1465, 1995.
 COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes.** Piracicaba: Livrocere, 1979. 380p.
 ERASMUS, L.J.; BOTHA, P.M.; CRUYWAGEN, C.W. et al. Amino acid profile and intestinal digestibility in dairy cows of rumen-undegradable protein from various feedstuffs. **Journal of Dairy Science**, v.77, n.2, p.541-551, 1994.
 GALATI, R.L. **Co-produtos do milho, soja e girassol para bovinos de corte.** Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista 2004. 167p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, 2004.
 LONDOÑO HERNÁNDEZ, F.I.; SANCHEZ, L.M.B.; VIEIRA, R.A.M. et al. Desaparecimento ruminal e digestibilidade intestinal e total de matéria seca e proteína bruta de alguns suplementos concentrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.4, p.777-782, 1998.
 LONDOÑO HERNÁNDEZ, F.I.; VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P. et al. Avaliação de dois métodos *in vitro* para determinar a cinética ruminal e a digestibilidade intestinal da proteína de vários alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.256-266, 2002.
 MARTINS, A.S.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N. et al. Degradabilidade ruminal "in situ" da matéria seca e proteína bruta das silagens de milho e sorgo e de alguns alimentos concentrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.1109-1117, 1999.
 MASOERO, F.; FIORENTINI, L.; ROSSI, F. et al. Determination of nitrogen intestinal digestibility in ruminants. **Animal Feed Science Technology**, v.48, p.253-263, 1994.

- RAMOS, S.M.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Utilização da técnica do saco de náilon para a determinação da digestibilidade intestinal de vários alimentos, em novilhos cecocoliectomizados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.4, p.778-793, 1996.
- RODRIGUEZ, N.M.; MOREIRA, J.F.C.; FERNANDES, P.C. C. et al. Concentrados protéicos para bovinos. Digestão pós-ruminal da matéria seca e da proteína. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.3, p.324-333, 2003.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **User's guide: statistics**. Versão 8. Cary: 1990. 956p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.
- 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**, v.70, n.3, p.3562-3577, 1992.
- TEIXEIRA, J.C. **Nutrição de ruminantes**. Lavras: Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, 1998. 238p.
- VALADARES FILHO, S.C. Digestão pós-ruminal de proteína e exigências de aminoácidos para ruminantes. In: **DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES**, Lavras, **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, p.87-113, 1997.
- VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R. F.D. Recentes avanços em proteína na nutrição de vacas leiteiras. In: **SINLEITE**, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, p.229-247. 2001.

Recebido: 18/05/05
Aprovado: 16/08/06