

Produção total de gases e degradabilidade *in vitro* de dietas com torta de girassol

Silva, L.H.X.^{1@}; Goes, R.H.T.B.²; Carneiro, M.M.Y.³; Burin, P.C.²; Oliveira, E.R.²; Souza, K.A.⁴; Ítavo, L.C.V.³; Branco, A.F.⁴ e Oliveira, R.T.²

¹Universidade Federal de Goiás Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ). Brasil.

²Universidade Federal da Grande Dourados. Faculdade de Ciências Agrárias (FCA). Brasil.

³Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FAMEZ). Brasil.

⁴Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias (CCA). Departamento de Zootecnia (DZO). Brasil.

RESUMO

PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Digestibilidade *in vitro*.
Parâmetros ruminais.
Taxa de degradação.
Subproduto.
Fermentação ruminal.

Objetivou-se determinar o efeito de níveis crescentes de torta de girassol em dietas para ruminantes sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), matéria orgânica (DIVMO), proteína bruta (DIVPB), a cinética da produção cumulativa de gases, parâmetros da fermentação ruminal, concentração de N- amoniacal (N-NH₃) e pH *in vitro*. Utilizou feno de Tifton e os concentrados caracterizaram-se pela presença de 0 g/kg, 100 g/kg, 200 g/kg e 300 g/kg de inclusão da torta de girassol no concentrado. Houve influência significativa ($p < 0,05$) dos níveis de torta de girassol sobre as médias de DIVMS e DIVMO das dietas. A fração A (mL/gás) e sua taxa de degradação B não foi influenciada ($p > 0,05$) pelas dietas experimentais, porém, houve efeito linear decrescente ($p < 0,05$) para degradação da fração D e sua respectiva taxa de degradação (fração E). O pH do líquido ruminal teve uma queda linear ($p < 0,05$) em função do tempo de incubação, já a concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) apresentou aumento linear crescente ($p < 0,05$) com o aumento do nível de torta de girassol na dieta. O uso de dietas com torta de girassol alterou a DIVMS e DIVMO, porém, não interveio na DIVPB, alterou a produção de gás bem como os parâmetros (pH e N-Amoniacal), evidenciando seu potencial de uso em até 200 g/kg de inclusão.

Total gas production and *in vitro* degradability of diets with sunflower crushed

SUMMARY

ADDITIONAL KEYWORDS

Degradation rate.
In vitro digestibility.
Ruminal Parameters.
Byproduct.
Ruminal fermentation.

The objective was to determine the effect of increasing levels of sunflower crushed in ruminant diets about the *in vitro* digestibility of dry matter (DIVMS), organic matter (DIVMO), crude protein (DIVPB), the cinetics cumulative production gases, parameters ruminal fermentation, concentrations of total ammonia nitrogen (N-NH₃) and pH *in vitro*. Used Tifton hay and the concentrates were characterized by the presence of 0 g/kg 100 g/kg 200 g/kg and 300 g/kg of sunflower crushed inclusion in concentrated. There significant influence ($p < 0.05$) of sunflower crushed levels about the average of IVDMD and OMIVD diets. The fraction A (mL/gas) is his B degradation rate was not influenced ($p > 0.05$) by experimental diets, however, there was a decreasing linear effect ($p < 0.05$) for degradation of fraction D and their respective rate of degradation (fraction E). The pH of the rumen fluid had a linear decrease ($p < 0.05$) as a function of incubation time, since the ammonia nitrogen concentration (N-NH₃) presented positive linear increase ($p < 0.05$) with increasing level of sunflower crushed in the diet. The use of diets with sunflower crushed changed DIVMS and DIVMO, however, did not intervene in DIVPB altered production of gas and the parameters (pH and ammonia-N), demonstrating its potential use by up to 200 g/kg of inclusion.

INFORMACIÓN

Cronología del artículo.
Recibido/Received: 13.3.2015
Aceptado/Accepted: 9.9.2015
On-line: 10.12.2015
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:
luiz.henriquexsilva@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O girassol, após a extração do óleo, permite o aproveitamento da torta ou do farelo restante, sendo a principal opção disponível no arraçamento animal. A extração do óleo através de prensas, que deve ser a opção preferencial na pequena produção de biocombustíveis, gera uma torta que contém aproxima-

damente 15% de óleo e que apresenta características bromatológicas importantes, apresentando elevados princípios nutricionais para alimentação animal (Oliveira and Cáceres, 2005).

Este subproduto é uma fonte alternativa de nutrientes, apresentam 22% de PB, 22,5% de EE e digestibilidade em torno de 68% (Oliveira and Vieira,

Tabela I. Níveis de inclusão de torta de girassol e composição bromatológica dos ingredientes e das dietas utilizados no experimento (Sunflower crushed inclusion levels and chemical composition of ingredients and diets used in the experiment).

Ingredientes (g/kg de MS)	Nível de inclusão de torta de girassol (g/kg de MS)			
	00	100	200	300
Feno cynodon	500	500	500	500
Torta de girassol	0	100	200	300
Milho grão moído	296,5	227,1	157,7	88,3
Farelo de soja	194,1	163,7	133,3	102,9
Premix mineral	0,20	0,20	0,20	0,20
Calcário	0,73	0,71	0,69	0,68

Ingredientes	MS	PB	EE	FDN	FDA	MM
Feno tifton	883,90	80,10	8,80	559,20	237,10	67,30
Farelo de soja	863,10	508,20	69,20	207,40	97,20	76,90
Milho	892,10	97,40	15,19	139,40	54,30	18,90
Torta de girassol	892,60	242,70	235,40	414,90	113,60	55,60

Componentes	00	100	200	300
MS	872,40	872,60	883,70	887,70
PB	179,80	181,50	179,70	176,60
EE	12,70	34,30	56,30	71,80
FDN	361,18	386,60	412,20	437,04
FDA	153,51	158,15	162,78	167,42
MM	66,30	70,10	65,00	67,20

MS= matéria seca; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; FDN= fibra em detergente neutro; FDA= fibra em detergente ácido; MM= matéria mineral. Silva and Queiroz (2002).

2004); porém apresenta extrema variação no conteúdo de lipídeos (6-30%), se assemelhando as características das sementes integrais devido ao teor de lipídeos poliinsaturados. O óleo de girassol apresenta alta relação de ácidos graxos poliinsaturados/saturados (65,3%/11,6%) (Fernandes *et al.*, 1998). Desta forma, seu subproduto com um teor considerado de óleo certamente poderá promover efeito na cinética de fermentação ruminal. Diante desta situação, técnicas *in vitro* e *in situ* podem ser utilizadas para verificar o comportamento destes possíveis alimentos em nível de rúmen. Porém, os resultados das técnicas, comumente utilizadas, são interpretados com base na análise de resíduos não digeridos ou fermentados a diferentes tempos de incubação, e apresentam como desvantagem a dificuldade de estudar estágios iniciais de fermentação (Pell and Schofield, 1993).

Como opção para o desaparecimento do substrato, medir a produção acumulada de gás como um indicador do metabolismo do carbono, é uma escolha de estudo, este sistema possui duas principais vantagens: o produto final medido (gás) é um resultado direto do metabolismo microbiano, em vez de gravar o desaparecimento do substrato e a formação de produtos final da fermentação pode ser monitorada em intervalos curto de tempo e, por conseguinte, a cinética de fermentação pode ser descrita com precisão principalmente nos estágios iniciais.

Com isso objetivou-se determinar o efeito de níveis crescentes de torta de girassol em dietas para ruminantes sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), matéria orgânica (DIVMO), proteína bruta

(DIVPB), a cinética da produção cumulativa de gases, parâmetros da fermentação ruminal, concentração de N-amoniaco (N-NH₃) e pH *in vitro*.

MATERIAL E MÉTODOS

DESENHO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análises de Alimentos (LANA) do setor de Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e Universidade Estadual de Maringá (UEM), entre os meses de setembro a dezembro de 2012 e março a maio de 2013.

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado.

DIETAS E COLETA DE LÍQUIDO RUMINAL

Foram avaliadas 4 dietas com diferentes proporções de torta de girassol. Utilizou-se feno de Tifton 85 como volumoso e concentrados com 0 g/kg, 100 g/kg, 200 g/kg e 300 g/kg de inclusão da torta de girassol no concentrado, em uma relação volumoso concentrado de 50:50 (tabela I).

Os coeficientes digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), N-amoniaco (N-NH₃) e pH do líquido ruminal, produção cumulativa de gases e parâmetros cinéticos da fermentação ruminal foram determinados utilizando o inóculo ruminal e a solução tampão.

O inóculo ruminal era proveniente de dois bovinos da raça Holandesa, adultos, castrados, com peso corporal médio de 380 kg, e providos de cânula ruminal.

Os animais receberam uma dieta composta por 80% de volumoso (silagem de milho) e 20% de concentrado (milho, farelo de soja e suplemento mineral). Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 8 horas e às 16 horas.

A coleta de líquido ruminal foi realizada no período da manhã antes da primeira refeição via cânula ruminal. O líquido ruminal foi mantido em banho-maria a 39°C e o recipiente purgado com CO₂ antes e após a coleta. Foram coletados 4 litros de líquido ruminal, sendo dois litros por animal misturados e incluindo uma fração sólida do conteúdo ruminal. O material coletado foi transferido para uma garrafa térmica pré-aquecida, previamente purgada com CO₂ e fechada hermeticamente. Todo o material coletado foi homogeneizado durante 10 segundos utilizando um liquidificador. Posteriormente, o material foi filtrado em quatro camadas de tecido de algodão (gaze) e utilizado nas incubações.

As soluções A e B foram misturadas na relação 1:5 atingindo o pH de 6,8 na temperatura constante de 39°C. Para o preparo das soluções utilizou-se os seguintes reagentes: Solução A: Dihidrogenofosfato de potássio (KH₂PO₄ – 10 g), sulfato de magnésio (MgSO₄.7H₂O – 0,5 g), cloreto de cálcio di-hidratado (CaCl₂.2H₂O – 0,1 g) e ureia (0,5 g). Para preparo da solução B utilizou: carbonato de sódio (Na₂CO₃ – 15 g) e sulfeto de sódio (Na₂S.9H₂O – 1,0 g).

DIGESTIBILIDADE *IN VITRO*

A DIVMS das dietas foi determinada de acordo com metodologia descrita por Tilley and Terry (1963) modificada por Goering and Van Soest (1970), utilizando o rúmen artificial (DaisyII Fermenter®, Ankom).

Foram pesados 0,5 gramas de amostra em saquinhos de TNT - 100 g/m, cortados e selados a um tamanho de 5,0 × 5,0 cm, conforme Casali *et al.* (2008). Foram utilizados dois saquinhos sem amostra (brancos) em cada jarro para correção dos dados. Os saquinhos com amostra foram colocados nos jarros (duas máquinas de digestibilidade com 4 jarros cada totalizando 8 jarros), distribuídas equitativamente 10 saquinhos/jarro (8 saquinhos com amostra e 2 saquinhos sem amostra ou brancos), totalizando 80 saquinhos. Em seguida, eram adicionados 615,4 mL da solução tampão e 154 mL do inoculo ruminal e, acrescentado CO₂ para manter as condições anaeróbias. Após este procedimento, os jarros permaneceram no rúmen artificial DaisyII Fermenter® (Ankom) a 39°C durante 48 horas com agitação contínua de acordo com o método descrito por Tilley and Terry (1963) modificada por Goering and Van Soest (1970).

A incubação foi interrompida após 48 horas, e os saquinhos submetidos a solução de detergente neutro durante 1 hora. Após a lavagem com esta solução os mesmos foram lavados 2 vezes com água destilada quente e 1 vez com acetona, sendo transferidos para estufa 105°C por 12 horas.

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), matéria orgânica (DIVMO) e da proteína bruta (DIVPB), foi obtida pelo cálculo da diferença entre a concentração do nutriente na amostra antes e depois da incubação.

Após determinação da digestibilidade verdadeira da matéria seca, 4 saquinhos foram abertos e com peso conhecido transferidos para cadinhos de porcelana e levados à mufla a 550°C, para determinação da digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO).

Os saquinhos restantes foram utilizados para determinação da digestibilidade *in vitro* da proteína bruta (DIVPB), onde os resíduos, foram transferidos para os tubos de digestão e submetidos ao procedimento de Kjeldhal, para determinação da proteína bruta conforme descrito por Silva and Queiroz (2002).

PRODUÇÃO DE GÁS *IN VITRO* E CINÉTICA DA FERMENTAÇÃO

Para a determinação da produção total de gás e os parâmetros da cinética da fermentação ruminal, foi utilizada a técnica automática *in vitro*, utilizando-se oito frascos, com capacidade de 250 mL, com adição de 0,5 gramas de amostra das dietas em duplicata, 100 mL da solução tampão, 25 mL de inóculo ruminal e CO₂. Para cada incubação realizada, foram utilizados dois frascos como brancos, contendo apenas inóculo ruminal e solução tampão, com o objetivo de ajustar os valores de pressão.

O aumento da pressão produzido dentro dos frascos durante a incubação foi mensurado em libras por polegada quadrada (psi) utilizando sistema automático RF: Gás Production System® (ANKOM). A pressão de gás dentro dos frascos foi registrada por sensores de pressão localizados nas tampas dos frascos ou módulos, os quais transferiram as informações de cada frasco por meio de uma base coordenadora conectada a um computador, a intervalos de 5 minutos, totalizando 288 leituras durante 24 horas de incubação.

Os dados obtidos de produção de gás foram mensurados em psi, e transformados para moles de gás por meio da equação do gás ideal. Logo após, os moles foram convertido em mL de gás produzido em condições normais de temperatura e pressão (STP).

Para calcular a produção de gás em mL utilizou a pressão corrigida dos frascos, a pressão atmosférica da região (96,538 kPa) e a pressão atmosférica em condições normais (101,325 kPa), sendo este o valor de P.

Na determinação da extensão e a taxa de produção de gás decorrente da degradação do alimento, utilizou um modelo logístico bicompartimental exponencial proposto por Pell *et al.* (1994):

$$y = \left[\frac{A}{1 + \text{Exp}^{[2+4kR^*B^*(C-T)]}} + \frac{D}{1 + \text{Exp}^{[2+4kR^*E^*(C-T)]}} \right]$$

Sendo,

y= Volume total de gás no tempo T (extensão da degradação);

A e D= volume de gás (mL) das frações de degradação rápida (açúcares solúveis e amido) e lenta digestão (celulose, hemicelulose), respectivamente;

B e E= taxas de degradações das frações de digestão rápida e lenta (/h), respectivamente; e

C= tempo de colonização das bactérias.

Tabela II. Coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), matéria orgânica (DIVMO) e proteína bruta (DIVPB) em g/g (Coefficients of digestibility *in vitro* of dry matter (DIVMS), organic matter (DIVMO) and crude protein (DIVPB) g/g).

Variável (g/g)	Níveis de inclusão da torta de girassol (g/kg)				EPM	p<0,05	
	0	100	200	300		L	Q
DIVMS	0,78	0,69	0,8	0,67	0,01	0,002 ¹ split plot	0,011 ¹ split plot
DIVMO	0,81	0,71	0,76	0,68	0,003	0,000 ²	0,002 ²
DIVPB	0,58	0,74	0,54	0,75	0,064	ns	ns

L= efeito linear e valores de p; Q= efeito quadrático e valores de p; ns= não significativo. Equações de efeito linear= ($^1Y = 0,804505 - 0,0287081x$; $R^2 = 0,26$; $^2Y = 0,827447 - 0,0324949x$; $R^2 = 0,26$). Equações de efeito quadrático= ($^1Y = 0,793156 - 0,0173591x - 0,00226982x^2$; $R^2 = 0,60$; $^2Y = 0,846639 - 0,0516869x + 0,00383840x^2$; $R^2 = 0,60$). EPM= erro padrão da média.

pH E N AMONIAL IN VITRO

Para a determinação do pH e da concentração de amônia ruminal do líquido de rumen, foi realizado uma adaptação nas tampas de jarros de vidros utilizados para se estimar a digestibilidade *in vitro*, conforme descrito por Díaz (2012). Os jarros foram providos de tampas com válvulas e um sistema de três vias para permitir a coleta do líquido ruminal tamponado, assim como uma válvula tipo Büssem que permitia a liberação dos gases produzidos durante a fermentação.

Foram pesadas 10 gramas de amostra, em cada jarro e incubado em duplicatas, junto com 1600 mL de solução tampão e 400 mL de inócuo ruminal. Os jarros foram mantidos em um ambiente a 39°C sob agitação contínua.

Durante a incubação, foram coletadas amostras de 20 mL do líquido ruminal tamponado utilizando-se uma seringa e a torneira de três vias instalada na tampa de cada jarro. As amostras foram coletadas nos seguintes horários: 0, 2, 4, 6 e 8 horas após do início da incubação.

Em cada horário, foram utilizados 10 mL do líquido ruminal tamponado para mensurar o pH das amostras em duplicata utilizando-se um pHmetro digital. O líquido ruminal restante (10 mL) foi armazenado em potes plásticos contendo 1 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 1:1, interrompendo o processo fermentativo e reduzindo o pH, evitando assim a volatilização do nitrogênio amoniacal (N-NH₃).

Para determinação do nitrogênio amoniacal do líquido ruminal, utilizou a metodologia recomendada pelo INCT-Ciência Animal e descrita por Detmann *et al.* (2012).

ANÁLISES BROMATOLÓGICAS

Os ingredientes e o concentrado foram moídos em moinho tipo Willey em peneira de 1 mm para determinação da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE), conforme metodologias descritas pela AOAC (2006). As frações de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL) e lignina (LIG) foram determinadas pela metodologia de Van Soest *et al.* (1991) com uso do analisador de fibra da Tecnal® (TE-149), de forma sequencial, utilizando saquinhos (5,0 × 5,0 cm) confeccionados com tecido não tecido (TNT – 100 g/m²) (Casali *et al.*, 2008). Para a

determinação da FDN, utilizou-se 25 ml de amilase termoestável a 1%, adicionada no início da fervura.

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As médias para os coeficientes de digestibilidade obtidos, foram avaliados por análise de variância e de regressão, adotando-se $\alpha = 0,05$.

O ajuste das curvas de produção de gás e as estimativas dos parâmetros de interesse biológico foram realizados utilizando-se o processo interativo de Gauss-Newton por meio do procedimento para modelos não lineares do programa SAEG (UFV, 2000).

As variáveis pH e N-amoniacal foram distribuídas em esquema *split plot* e a análise de variância e de regressão, $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e matéria orgânica (tabela II), foram influenciados (p<0,05) pela inclusão da torta de girassol na dieta, certamente está relacionado com o aumento do EE apresentado pela dieta. A elevada concentração de gorduras dificulta o acesso do microrganismo às partículas alimentares reduzindo a sua degradação.

Oliveira *et al.* (2007), ao substituir 25 e 50% do farelo de soja pela torta de girassol, com 15,5% de extrato etéreo na matéria seca, em concentrados contendo o milho grão como fonte energética, verificou-se efeito significativo sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), apresentando valores de 0,9214; 0,8542 e 0,8509, para os tratamentos controle, 25% e 50%, respectivamente, valores estes acima do observado neste trabalho, no entanto, o valor de FDN esteve abaixo (250,13 g/kg MS) do que observado no presente trabalho (399,25 g/kg MS), valores estes que podem ter influenciado no resultado da digestibilidade *in vitro* da matéria seca, justificando talvez o fato do autor citado ter observado valor de digestibilidade maior quando comparado ao presente trabalho.

Apesar das variações ocorridas nas médias da DIVPB, os valores não diferiram estatisticamente entre si (p>0,05), os mesmos autores citados acima, não observaram diferença significativa para DIVPB, com médias de 0,6719; 0,6316 e 0,7162, respectivamente, sendo observada maior taxa de digestibilidade para a dieta com maior nível de torta de girassol, sendo estes resultados parecidos com os encontrados neste trabalho.

Tabela III. Média dos parâmetros cinéticos da fermentação ruminal de dietas com níveis crescentes de inclusão da torta de girassol no concentrado (Average kinetic parameters of ruminal fermentation of diets with increasing levels of inclusion of sunflower crushed in the concentrate).

Parâmetros	Dietas (g/kg MS)				Médias	EPM	p<0,05	
	0	100	200	300			L	Q
A (mL gás/g)	7,67	6,12	4,90	7,81	6,62	1,33	ns	ns
B (/h ⁻¹)	0,15	0,16	0,85	0,58	0,11	0,05	ns	ns
C (horas)	0,02	0,02	0,09	0,09	0,50	0,00	0,002 ¹	0,015 ¹
D (mL gás/g)	5,00	5,99	2,72	0,22	3,73	0,54	0,004 ²	0,012 ²
E (/h ⁻¹)	0,08	0,02	0,04	0,04	0,03	0,00	0,003 ³	0,017 ³

Valores de p; ns= não significativo; Equações de efeito linear= (¹Y= 0,0480025+0,0393525x; R²= 0,81; ²Y= 8,88145-2,05911x; R²= 0,77; ³Y= 0,00399000+0,0140870x; R²= 0,78). Equações de efeito quadrático= (¹Y= -0,0509462+0,0422962x-0,000588750x²; R²= 0,81; ²Y= 5,77457+1,04777x-0,621375x²; R²= 0,83; ³Y= -0,015977+0,0260745x-0,0023975x²; R²= 0,80). L= efeito linear e valores de p; Q= efeito quadrático e valores de p.

Tabela IV. Valores médios de pH ruminal da digestibilidade *in vitro* de dietas com torta de girassol adicionados a dieta e seu respectivo coeficiente de variação (Average values of ruminal pH *in vitro* digestibility of diets with sunflower crushed added to diet and their respective coefficient of variation).

Horas	Tratamentos (g/kg MS)				Média
	0	100	200	300	
0	6,88	6,91	6,89	6,95	6,91
2	6,79	6,76	6,74	6,71	6,75
4	6,81	6,77	6,69	6,67	6,73
6	6,76	6,7	6,72	6,65	6,70
8	6,71	6,68	6,64	6,63	6,66
Média	6,77	6,76	6,71	6,69	6,73
CV (%)	0,71				
L	0,0350 ¹	0,0171 ²	0,0082 ³	0,0109 ⁴	—
R ² L	0,25	0,31	0,36	0,34	—

L= regressão linear e valor de p; CV= coeficiente de variação. Equações de efeito linear= (¹Y= 6,82722-0,0137500x; ²Y= 6,82567-0,0168333x; ³Y= 6,78956-0,0185000x; ⁴Y= 6,79011-0,0230833x).

Sobre a cinética da fermentação ruminal (**tabela III**), verificou-se que a fração A (mL/gás) e sua taxa de degradação B (taxa de degradação da fração solúvel A) não foram influenciadas (p>0,05) pelas dietas experimentais, pois as frações solúveis não sofreram alterações com o aumento da inclusão da torta de girassol nas dietas.

Mizubuti *et al.* (2011), ao comparar diferentes coprodutos da cadeia produtiva do biodiesel (farelo cambre, farelo de algodão, torta de crumbe, torta de soja e torta de girassol), verificou-se que a torta de girassol foi o alimento que apresentou menor volume final da produção cumulativa de gás com 96,97 mL/g MS incubada, isso mostra que este coproduto interfere diretamente na redução da degradabilidade, apresentando como consequência a redução da produção de gás.

Houve efeito linear decrescente (p<0,05) para degradação da fração de lenta degradação e sua respectiva taxa de degradação (fração E), conforme aumentou a inclusão de torta de girassol nas dietas. Mizubuti *et al.* (2011), verificaram que a torta de girassol apresentou a menor taxa de degradação, podendo gerar um grande efeito de repleção ruminal, limitando o consumo de matéria seca e prejudicando a produção animal que exigem uma grande demanda nutricional.

De acordo com o NRC (1996; 2001) os limites máximos de inclusão de lipídios na dieta de bovinos de corte e de leite é de respectivamente, 5% e 7%. Níveis acima dessas recomendações podem promover problemas nutricionais e metabólicos como, morte de bactérias ruminais, especialmente as celulolíticas, dificuldade das bactérias fermentarem os componentes da dieta devido a gordura dificultar o acesso das bactérias à partícula do alimento, afetando assim a digestão dos compostos orgânicos da dieta. Dessa forma, o aumento dos níveis de torta de girassol na dieta aumentou a concentração de extrato etéreo (**tabela I**) e, consequentemente, influencia negativamente a degradação da celulose e hemicelulose (Fração D) e sua velocidade de degradação (Fração E).

Verificou-se efeito linear crescente (p<0,05), ou seja, com o aumento do coproduto na dieta aumentou o tempo de colonização dos microrganismos ao substrato *lag time* (fração C). Mertens (1997), afirmou que o tempo de colonização (*lag time*) é um parâmetro importante, pois está relacionado com a degradação da fração fibrosa. De acordo com Azevêdo *et al.* (2003), o tempo de colonização é proporcional a concentração de fibra em detergente neutro, porém neste trabalho não foi evidenciado o mesmo, já que o FDN e FDA reduziu

Tabela V. Valores médios de N-amoniaco (mg/dL) da digestibilidade *in vitro* de dietas com torta de girassol em substituição parcial ao farelo de soja e seu respectivo coeficiente de variação (Average values of ammonia-N (mg/dL) from *in vitro* digestibility of diets with sunflower crushed in partial substitution of soybean meal and their respective coefficient of variation).

Horas	Tratamentos (g/kg MS)				Média
	0	100	200	300	
0	10,94	18,23	9,11	9,11	11,85
2	25,52	29,16	32,81	25,52	28,25
4	30,99	30,99	30,99	32,81	31,44
6	27,34	30,99	29,17	34,63	30,53
8	34,61	32,81	41,93	36,46	36,45
Média	26,33	28,56	29,57	28,35	28,2
CV (%)	17,48				
L	0,0003 ¹	0,0023 ²	0,0002 ³	0,0000 ⁴	—
R ² L	0,57	0,45	0,59	0,69	—

L= regressão linear e valor de p; CV= coeficiente de variação; Equações de efeito linear= ¹Y= 16,4887+2,46075x; ²Y= 19,6864+2,21825x; ³Y= 16,8090+3,19067x; ⁴Y= 16,4458+2,97758x).

com o aumento da torta de girassol, diferente do que ocorreu com o EE.

O pH do líquido ruminal teve um efeito linear negativo ($p < 0,05$) em função do tempo de incubação (tabela IV) devido certamente a relação volumoso concentrado usada (50:50). Estes resultados são devidos à diminuição que se segue às refeições e à produção de ácidos pela fermentação da matéria orgânica consumida, ou seja, a concentração de carboidratos solúveis que estimulam a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ácido láctico, os quais se acumulam no líquido ruminal, reduzindo o pH.

Apesar dos valores de pH terem apresentado variações entre os níveis de inclusão da torta de girassol das dietas com média de 6,73, esteve próximo ao desejado para um bovino, no entanto deve ser levado em consideração que aqui fez uma simulação de como possivelmente seria o comportamento da variável pH, onde não há picos de alimentação e nem interações químicas com o ambiente estrutural (rúmen). *In vivo*, na mesma dieta, podem ter variações relacionadas ao animal (apetite, seletividade, taxa de ruminação e secreção salivar, tamanho do rúmen e superfície papilar, bem como taxa de passagem), as quais podem afetar o pH ruminal sobre a mesma dieta.

Em dietas com teores medianos de concentrado ou elevados de fibra, dificilmente se esperaria mudanças muito drásticas no pH, principalmente em sistemas *in vitro* que empregam eficientes soluções tamponantes, isso provavelmente justifica a pouca variação no pH aqui observado.

A concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) apresentou aumento linear crescente ($p < 0,05$) com o aumento do nível de torta de girassol na dieta (tabela V), era esperado um crescimento não significativo devido a pouca variação proteica existente entre as dietas. Valadares Filho *et al.* (1997) e Dias *et al.* (2000), também encontraram efeito linear positivo na concentração de N-NH₃, porém, a ração utilizada neste trabalho apresentava níveis crescentes de proteína.

Detman *et al.* (2007) realizaram um levantamento sobre a concentração de N-amoniaco e estabeleceram como mínimo a concentração de 10 mg/dL para maior adequação do meio de crescimento à disponibilidade de compostos nitrogenados para o anabolismo microbiano. Já Gabarra (2001) afirma que o nível ótimo de N-NH₃ varia conforme o alimento e a disponibilidade de carboidratos fermentáveis no rúmen.

Observou-se efeito linear crescente ($p < 0,05$) do tempo de incubação sobre a produção de amônia, inferindo que ao passar do tempo aumenta a produção de compostos nitrogenados provenientes da atividade microbiana sobre as partículas alimentares.

CONCLUSÃO

O uso de dietas com torta de girassol alterou a DIVMS e DIVMO, porém, não interferiu na DIVPB, mas promoveu alterações na cinética de fermentação através da avaliação pela produção de gás bem como os parâmetros de pH e N-amoniaco, portanto, há necessidade de estar atento quanto aos teores tanto de EE como de FDA e de FDN da dieta, a fim de evitar influência sobre a digestibilidade e ingestão, o que poderá prejudicar o desempenho dos animais. Para recomendar níveis adequados de uso é necessário trabalhos *in vivo*.

AGRADECIMENTOS

Capes, FUNDECt e CNPq pelo apoio financeiro para condução do experimento e na concessão da bolsa de estudo.

A Universidade Estadual de Maringá pelo espaço e equipamentos utilizados na pesquisa.

BIBLIOGRAFIA

- AOAC. 2006. Official methods of analysis. 18th ed. Official Association of Chemical Analysis. Washington, DC.
- Azevêdo, J.A.G.; Pereira, J.C.; Queiroz, A.C.; Carneiro, P. C. S.; Lana, R. P.; Barbosa, M. H. P.; Fernandes, A. M. e Rennó, F. P. 2003. Composição químico- bromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da

- degradação *in vitro* da fibra de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). *Rev Bras Zootecn*, 32: 1443-1453.
- Casali, A.O.; Detmann, E.; Valadares Filho, S. C.; Pereira, J. C.; Henriques, L. T.; Freitas, S. G. e Paulino, M. F. 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. *Rev Bras Zootecn*, 37: 335-342.
- Detmann, E.; Cecon, P.R.; Paulino, M.P.; Valadares Filho, S.C.; Henriques, L.T. and Detmann, K.S.C. 2007. Rumen variables evaluated through continuum mathematical functions. *Pesqui Agropecu Bras*, 42: 1651-165.
- Detmann, E.; Souza, M.A.; Valadares Filho, S.C.; Queiroz, A.C.; Berchielli, T.T.; Saliba, E.O.S.; Cabral, L.S.; Pina, D.S.; Ladeira, M.M. e Azevedo, J.A.G. 2012. Métodos de análise de alimentos. INCT. Ciência Animal. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. Suprema Editora. Visconde do Rio Branco. MG. 214 pp.
- Dias, H.L.C.; Valadares Filho, S.C.; Coelho da Silva, J.F.; Paulino, M. F.; Cecon, P. R.; Leao, M. I. e Oliveira, R. V. 2000. Consumo e digestões totais e parciais em novilhos F1 Limousin x Nelore alimentados com dietas contendo cinco níveis de concentrado. *Rev Bras Zootecn*, 29: 545-554.
- Díaz, T.G. 2012. Avaliação *in vitro* da inclusão do líquido da casca da castanha de caju em dietas para ruminantes. Dissertação (Mestrado em Produção Animal). Universidade Estadual de Maringá. UEM. Maringá. PR. 59 pp.
- Fernandes, F.D.; Mabile, R.F.; Gomes, A.C. e Cabral, M.A.C. 1998. Composição química de sementes de dois genótipos de girassol (*Heliantus annuus* L.) cultivados nos cerrados do Distrito Federal. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Forragicultura, 35, Anais. Sociedade Brasileira de Zootecnia. Botucatu. pp. 602-604.
- Gabara, P.R. 2001. Digestibilidade de nutrientes e parâmetros ruminais e sanguíneos de novilhos nelore alimentados com fontes protéicas e energéticas com diferentes degradabilidades ruminais. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. ESALQ. São Paulo. SP. 94 pp.
- Getachew, G.; DePeters, E. J.; Robinson, P. H. and Fadel, J. G. 2005. Use of an *in vitro* rumen gas production technique to evaluate microbial fermentation of ruminant feeds and its impact on fermentation products. *Anim Feed Sci Tech*, 123-124, Part 1: 547-559.
- Goering, H.K. and Van soest, P.J. 1970. Fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agricultural Handbook*, 379. USDA. Washington, DC.
- Mertens, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J Dairy Sci*, 80: 1463-1481.
- Mizubuti, I.Y.; Ribeiro, E.L.A.; Pereira, E.S.; Pinto, A.P.; Franco, A.L.C.; Sypereck, M.A.; Dórea, J.R.R.; Cunha, G.E.; Capelari, M.G.M. e Muniz, E.B. 2011. Cinética de fermentação ruminal *in vitro* de alguns co-produtos gerados na cadeia produtiva do biodiesel pela técnica de produção de gás. *Semin Cienc Agrar*, 32: 2021-2028.
- Morais, R.K.O.; Silva, A.M.A.; Bezerra, L.R.; Carneiro, H.; Moreira, M.N.M. and Medeiros, F.F. 2015. *In vitro* degradation and total gas production of byproducts generated in the biodiesel production chain. *Acta Sci Anim Sci*, 37: 143-148.
- NRC. National Reserch Council. 2001. Nutrient requeriment of dairy cattle. 7 rev. ed. Washington. D.C. 381 pp.
- NRC. National Reserch Council. 1996. Nutrients requeriments of beef cattle. 7 ed. Washington. D.C. 244 pp.
- Oliveira, M.D.S. e Caceres, D.R. 2005. Girassol na alimentação de bovinos. FUNEP. Jaboticabal. 20 pp.
- Oliveira, M. Dal S.; Mota, D.A.; Barbosa, J.C.; Stein, M. e Borgonovi, F. 2007. Composição bromatológica e digestibilidade ruminal *in vitro* de concentrados contendo diferentes níveis de torta de girassol. *Ciênc Anim Bras*, 8: 629-638.
- Oliviera, M. F. e Vieira, O.V. 2004. Extração do óleo de girassol utilizando miniprensa. EMBRAPA-CNPQSO. Londrina. 27 pp.
- Pell, A.N. and Schofield, P. 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. *J Dairy Sci*, 76: 1063- 1073.
- Pell, A.N.; Schofield, P. and Stone, W.C. 1994. Rates of digestion of feeds measured *in vitro* with computers. *Proceedings of the Cornell Nutrition Conference*, 13: 74-81.
- Silva, D.J. e Queiroz, A.C. 2002. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3 ed. Editora UFV. Viçosa, MG. 235 pp.
- Tilley, J.M.A. and Terry, R.A. 1963. A two-stage techniques for digestion of forage crops. *J Brit Grassland Soc*, 18: 104-111.
- Universidade Federal de Viçosa. UFV. 2000. SAEG. Sistema de análises estatísticas e genéticas. Versão 8.0. (Manual do usuário). Viçosa. MG. 142 pp.
- Valadares Filho, S.C. 1997. Digestão pós-ruminal de proteína e exigências de aminoácidos para ruminantes. Simpósio Internacional de Digestibilidade em Ruminantes, Lavras. Anais... UFLA - FAEPE. Lavras. pp. 87-110.
- Van Soest, P.J.; Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci*, 74: 3583-3597.

