

Glicerina bruta associada à silagem de sorgo em dietas para cordeiros

[Crude glycerol associated with sorghum silage in diets for lambs]

C.A.A. Oliveira Filho¹, J.A.G. Azevêdo², G.G.P. Carvalho³, C.F.P.G. Silva⁴, J.D. Santos²

¹Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – Itapetinga, BA

²Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) – Ilhéus, BA

³Universidade Federal da Bahia – Salvador, BA

⁴Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – Santa Inês, BA

RESUMO

Objetivou-se avaliar os níveis de glicerina bruta (GB), 0, 20, 40, 60 e 80g/kg de matéria seca (MS) de silagem de sorgo sobre a cinética da fermentação, 0, 30, 60 e 90g/kg de MS de silagem sobre a cinética de degradação da fibra em detergente neutro (FDN), e os níveis 0, 17, 33, 55 e 70g/kg de MS de silagem sobre o consumo e a digestibilidade da MS, os compostos nutricionais e o balanço de nitrogênio em cordeiros. O volume e a taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos (Vcnf) e (Kdcnf), respectivamente, apresentaram comportamento quadrático, sendo estimado Vcnf máximo (126,62mL/g de MS) e Kdcnf mínima (0,0782/h) para inclusão de 54,85g e 58,75g GB/kg de MS, respectivamente. Já o tempo de colonização (L), apresentou um decréscimo linear de 0,013h para cada 10g de GB/kg de MS. Houve redução linear de 0,996% na degradação para fração B. Não houve efeito significativo da inclusão de GB sobre o consumo e a digestibilidade da MS, os compostos nutricionais e o balanço de nitrogênio. A utilização de GB entre 50 e 70g/kg de MS em dietas à base de silagem de sorgo pode ser fonte alternativa de energia para cordeiros.

Palavras-chave: alimento alternativo, coproduto, glicerol, valor nutricional, volumoso

ABSTRACT

This study aimed to assess the levels of crude glycerol (CG) 0, 20, 40, 60 and 80g/kg of dry matter (DM) of sorghum silage on fermentation kinetics, 0, 30, 60 and 90g/kg DM silage on the kinetics of degradation of neutral detergent fiber (NDF), and levels 0, 17, 33, 55 and 70g/kg DM silage on intake and digestibility of DM and nutritional compounds and nitrogen balance in lambs. The volume and rate of digestion of non-fiber carbohydrates (Vcnf) and (Kdcnf), respectively, showed a quadratic Vcnf being estimated maximum (126.62mL/g DM) and Kdcnf minimum (0.0782/h) for inclusion of 54.85 CG 58.75g/kg DM, respectively. Since the time of colonization (L), they presented a linear decrease of 0.013h for each 10g CG/kg. DM linearly decreased from 0.996% degradation for fraction B. There was no significant effect of the inclusion of CG on the intake and dry matter digestibility and nutritional compounds and nitrogen balance. The use of 50CG to 70g/kg DM in diets based on sorghum silage can be an alternative energy source for sheep.

Keywords: alternative feed, coproduct, glycerol, nutritional value, roughage

INTRODUÇÃO

A adoção de práticas de manejo que possibilitem reduções nos custos de produção, como o uso de alimentos energéticos alternativos que apresentem valor nutritivo adequado,

disponibilidade e custo inferior aos alimentos convencionais como o milho, cujo preço oscila em função do mercado internacional, pode ser uma importante ferramenta para sustentabilidade econômica na produção de ruminantes.

Entre os coprodutos gerados pela cadeia produtiva do biodiesel com potencial de uso na

Recebido em 7 de fevereiro de 2014

Aceito em 9 de fevereiro de 2015

E-mail: carlos.uesb@hotmail.com

alimentação de ruminantes, destaca-se a glicerina bruta (GB). A viabilidade do uso da GB como fonte de energia para ruminantes, além de gerar mais opções aos produtores, viabiliza um destino ecologicamente correto no aproveitamento desse coproduto.

No entanto, para que a utilização da GB se torne realidade, são necessárias pesquisas que resultem em respostas concernentes aos seus efeitos sobre a fermentação e a digestão dos alimentos no rúmen, à obtenção dos níveis ótimos de inclusão na dieta, ao desempenho e aos impactos na saúde dos animais alimentados com ela.

A simulação do ambiente ruminal e da digestão microbiana por meio da técnica semiautomática de produção de gases *in vitro* permite obter informações sobre a cinética de fermentação ruminal e conhecimento das taxas de degradação das frações de carboidratos fibrosos e não fibrosos, sendo essenciais para formulação de dietas que visam à máxima eficiência entre a utilização de fontes energéticas e proteicas, o que reflete diretamente no desempenho dos animais. A técnica ainda prevê informações sobre a extensão da digestão dos alimentos, às quais estão relacionadas diretamente ao potencial de aproveitamento dos compostos nutricionais pelos animais sob determinada condição (Maurício *et al.*, 1999).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes níveis de GB sobre a cinética de fermentação ruminal *in vitro*, a cinética de degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro

(FDN), o consumo e a digestibilidade da matéria seca, os compostos nutricionais e o balanço de nitrogênio em cordeiros.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Alimentação de Ruminantes (LaPNAR) do Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, na Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus-BA, durante os meses de março a junho de 2012.

Na produção da silagem de sorgo, foi utilizado o híbrido BRS 655 (Tab. 1). Para avaliação da cinética de fermentação, utilizou-se a técnica de produção dos gases *in vitro* de acordo com o descrito por Maurício *et al.* (1999). Em frascos de 50mL, foram adicionados CO₂, 0,3g da amostra de silagem de sorgo e 28,125mL de meio de cultura contendo minerais e tamponantes (Theodorou *et al.*, 1994), associados com os níveis 0, 20, 40, 60 e 80g de GB/kg de MS da silagem de sorgo, com três réplicas para cada mistura.

As leituras de pressão dos gases produzidos durante as fermentações foram realizadas às zero, uma, duas, três, quatro, seis, oito, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 24, 28, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108, 120 e 144 horas após o início da incubação. As medidas de pressão obtidas foram ajustadas para o volume de gases conforme a equação estimada de Santos *et al.* (2010): $V = 0,04755 + 1,9754 * p + 0,01407 * p^2$, em que “V” é o volume dos gases (mL) e “p” é a pressão dos gases dentro dos frascos de fermentação (psi).

Tabela 1. Composição química da silagem de sorgo e da glicerina bruta utilizadas no experimento

Item	Silagem de sorgo	Glicerina bruta
Matéria seca (g/kg)	252,3	800,0
Matéria mineral (g/kg MS)	51,2	35,0
Proteína bruta (g/kg MS)	58,1	-
FDNcp ¹ (g/kg MS)	472,7	-
Lignina (g/kg MS)	46,2	-
Extrato etéreo (g/kg MS)	36,2	125,0
CNF ² (g/kg MS)	381,7	-
MSi ³ (g/g)	0,2	-
FDNi ⁴ (g/g)	0,2	-
FDAi ⁵ (g/g)	0,1	-

⁽¹⁾FDNcp: fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína. ⁽²⁾CNF: carboidratos não fibrosos. ⁽³⁾MSi: matéria seca indigestível. ⁽⁴⁾FDNi: fibra em detergente neutro indigestível. ⁽⁵⁾FDAi: fibra em detergente ácido indigestível.

A cinética da produção cumulativa dos gases foi avaliada empregando-se o modelo logístico bicompartimental para a estimativa dos parâmetros (Schofield *et al.*, 1994): $V(t) = (V_{cnf}/(1+\exp(2-4*K_{dcnf}*(T-L)))+(V_{cf}/(1+\exp(2-4*K_{dcf}*(T-L))))$, em que $V(t)$ é o volume acumulado no tempo t ; V_{cnf} , o volume de gás oriundo da fração de rápida digestão ou dos carboidratos não fibrosos (CNF); K_{dcnf} (h^{-1}), a taxa de degradação da fração de rápida digestão ou dos CNF; L , a latência ou o tempo de colonização em horas; T , o tempo (h); V_{cf} , o volume dos gases da fração de lenta degradação (B2); K_{dcf} (h^{-1}), a taxa de degradação da fração B2. O volume máximo de produção dos gases (VT) foi obtido da seguinte forma: $V(t) = V_{cnf} + V_{cf}$.

Para avaliação da cinética de degradação da fibra em detergente neutro (FDN) (técnica gravimétrica), utilizou-se o mesmo modelo de incubação descrito para produção dos gases *in vitro*, adotando-se os tempos de retirada dos frascos zero, duas, quatro, oito, 12, 24, 48, 60, 72, 96, 120, 144 e 264 horas após incubação. Os tratamentos foram constituídos de 0, 30, 60 e 90g de GB/kg de MS de silagem de sorgo.

Utilizou-se o modelo exponencial decrescente, corrigido para o período de latência descrito por Sampaio *et al.* (1995) para estimativa dos

parâmetros: $Y = A - B * \exp(-c*t)$, em que: Y é o resíduo da FDN no tempo t ; A , a fração potencialmente degradável da FDN; B , a fração insolúvel potencialmente degradável da FDN; \exp , a base dos logaritmos neperianos; c , a taxa de degradação da fração B por unidade de tempo (h^{-1}); e t , o tempo de incubação. A fração indegradável (I) é igual a $100 - A$.

No experimento *in vivo*, foram utilizados cinco cordeiros machos, sem raça definida, com peso médio inicial de $22,83 \pm 5,49$ kg, distribuídos casualmente em um delineamento em quadrado latino 5x5, sendo cinco níveis de GB e cinco períodos de coleta, de acordo com o modelo matemático: $Y_{ij(k)} = m + P_i + A_j + t_k + \epsilon_{ij(k)}$, em que Y_{ij} = variável resposta; m = média geral; P_i = efeito do período i ; A_j = efeito da animal j ; t_k = efeito do tratamento k ; e $\epsilon_{ij(k)}$ = erro experimental.

A utilização dos animais no experimento foi autorizada pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual de Santa Cruz, sob os protocolos 033, 034 e 035/2010. A cada animal ou unidade experimental destinou-se, casualmente, um dos cinco tratamentos, os quais foram constituídos por substituição de 0, 20, 40, 60 e 80 g/kg da matéria natural da silagem de sorgo, representando, respectivamente, 0, 17, 35, 53 e 70g de GB/kg de MS da silagem de sorgo (Tab. 2).

Tabela 2. Proporção de ingredientes e composição química das dietas em função dos níveis de glicerina bruta

Composição	Nível de glicerina bruta (g/kg MS)				
	0	17	35	53	70
Ingrediente (g/kg MS)					
Silagem de sorgo	978,6	961,3	944,0	926,3	908,9
Glicerina bruta	0,0	17,4	35,0	52,8	70,4
Ureia	12,8	12,5	12,3	12,1	11,9
Suplemento mineral ¹	8,7	8,8	8,8	8,9	8,9
Composição química					
Matéria seca (g/kg)	268,2	277,6	287,1	296,8	306,3
Matéria orgânica (g/kg MS)	928,5	912,1	895,6	878,9	862,4
Proteína bruta (g/kg MS)	92,6	90,9	89,3	87,7	86,0
FDNcp ² (g/kg MS)	462,7	454,5	446,2	437,9	429,6
Carboidratos não fibrosos (g/kg MS)	337,7	329,7	321,5	313,1	305
Extrato etéreo (g/kg MS)	35,5	37,0	38,6	40,2	41,8
Fibra detergente ácido (g/kg MS)	309,2	303,7	298,2	292,7	287,2
PIDN ³ (g/kg MS)	12,7	12,5	12,2	12,0	11,8
PIDA ⁴ (g/kg MS)	9,2	9,1	8,9	8,7	8,6
Lignina (g/kg MS)	45,2	44,4	43,6	42,8	42,0

⁽¹⁾ Composição (kg produto): Ca, 130-150g; P, 65g; Na, 130g; Mg, 10g; S, 12g; F, 650mg; Mn, 3000mg; Zn, 5000mg; Co, 80mg; Fe, 1000mg; Se, 10mg; I, 60mg. ⁽²⁾FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas. ⁽³⁾PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro; ⁽⁴⁾PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido.

A duração total do experimento foi de 105 dias. Cada período experimental foi composto por 21 dias, sendo 16 dias de adaptação e cinco dias de coleta total. A coleta total de fezes foi realizada do 17º ao 21º dia, utilizando-se bolsas coletoras de couro sintético. As amostras de urina foram obtidas de todos os cordeiros por meio de coleta total a cada 24 horas em recipientes (baldes) no piso, contendo 100mL de solução de ácido sulfúrico a 20% v/v, durante os cinco dias de coletas do experimento.

As amostras das silagens fornecidas, das fezes e das sobras dos animais foram submetidas às análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) de acordo com a AOAC (Association..., 1990). Para análise de FDN, adotou-se a marcha analítica proposta por Nocek (1988); Mertens (1992); Licitra *et al.* (1996); Casali *et al.* (2009). O conteúdo de lignina foi obtido conforme Van Soest e Robertson (1985). O conteúdo de carboidratos não fibrosos (CNF), expresso em % na MS, foi calculado segundo Hall (2000), como: $100 - (\%FDN + \%PB + \%EE + \%MM)$.

Para os cálculos de digestibilidade, adotou-se a fórmula: $DAN\ g/g = [(NCON - NEXC)/NCON] \times 100$, em que: DAN = coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente; NCON = quantidade do nutriente consumido, em gramas; e NEXC = quantidade do nutriente excretado em gramas. O consumo de MS e compostos nutricionais foi obtido pela diferença entre o alimento ofertado e a sobra no final do período de 24 horas. O balanço dos compostos nitrogenados foi calculado pela diferença entre o nitrogênio ingerido (NI) e o nitrogênio excretado (urina e fezes).

As análises estatísticas para avaliação da cinética da fermentação e degradação *in vitro* foram conduzidas conforme um delineamento inteiramente ao acaso, composto de três repetições. Já em relação ao ensaio *in vivo*, as análises estatísticas foram conduzidas segundo um delineamento quadrado latino, composto de cinco repetições.

Para as variáveis cujo teste F foi significativo, a interpretação estatística dos efeitos dos níveis de substituição da GB foi feita por meio de análises de regressão. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados com auxílio do programa estatístico SAS, atendendo todas as pressuposições relacionadas aos erros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O volume e a taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos (Vcnf e Kdcnf, respectivamente) bem como o tempo de latência (L) foram afetados significativamente ($P < 0,05$) pela inclusão dos níveis de GB na cinética de fermentação ruminal *in vitro* (Tab. 3).

Verificou-se efeito linear decrescente ($P < 0,05$) sobre o L com a inclusão de GB, observando-se um decréscimo de 0,013h no L para cada 10 gramas de GB incluída na MS da silagem de sorgo. A inclusão dos níveis de GB favoreceu a colonização microbiana reduzindo o L (Tab. 3). Esses efeitos podem ser atribuídos ao aumento da disponibilidade de energia para o crescimento microbiano, uma vez que a GB apresenta, em média, 3,2Mcal de EM/kg de MS (Donkin, 2008).

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros cinéticos de produção dos gases *in vitro* da silagem de sorgo com níveis de glicerina bruta, equações de regressão ajustadas e seus respectivos coeficientes de determinação

Parâmetros	Nível de glicerina bruta (g/kg MS)					EPM ⁷ ±	Equação de regressão	R ² /r ²
	0	20	40	60	80			
Vcnf ¹ (mL.g ⁻¹)	97,98	108,82	132,64	121,05	121,58	3,80	$\hat{Y} = 96,51 + 10,979x - 1,0008x^2$	0,57
Kdcnf ² (h ⁻¹)	0,092	0,084	0,079	0,081	0,081	0,001	$\hat{Y} = 0,092 - 0,0047x + 0,0004x^2$	0,67
L ³ (h)	4,11	3,47	4,20	3,57	3,07	0,12	$\hat{Y} = 3,9985 - 0,013x$	0,49
Vcf ⁴ (mL.g ⁻¹)	134,57	125,86	126,63	119,48	123,49	2,24	$\hat{Y} = 126,00$	-
Kdcf ⁵ (h ⁻¹)	0,016	0,015	0,015	0,014	0,015	0,00	$\hat{Y} = 0,015$	-
VT ⁶ (mL.g ⁻¹ MS)	232,55	234,69	259,27	240,54	245,06	3,40	$\hat{Y} = 242,42$	-

⁽¹⁾Vcnf= volume máximo de produção dos gases da fração dos CNF; ⁽²⁾Kdcnf = taxa de digestão para a fração dos CNF; ⁽³⁾L = tempo de colonização; ⁽⁴⁾Vcf= volume máximo da produção de gases da fração dos CF; ⁽⁵⁾Kdcf= taxa de digestão para a fração dos CF; ⁽⁶⁾VT = volume máximo de produção de gases dos carboidratos totais; ⁽⁷⁾EPM = erro-padrão da média; * $\alpha = 0.05$ de probabilidade para erro tipo I.

A observação de efeito significativo ($P < 0,05$) para o L indica que a inclusão de GB em até 80g/kg MS não dificultou o acesso às células microbianas e, provavelmente, não alterou o sítio de ação das celulasas dos microrganismos, assim como a afinidade pelo substrato. Os resultados obtidos na incubação utilizando a silagem de sorgo como substrato divergem dos relatados na literatura, em que a inclusão de glicerol aumentou o L nas incubações *in vitro*, tanto para forragens quanto para grãos (Pereira *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2011).

A diferença nos resultados obtidos em comparação à literatura pode estar relacionada ao período de adaptação dos microrganismos à GB e às características físicas, químicas e nutricionais dela, as quais variam de acordo com a fonte (origem vegetal ou animal) e o tipo de catálise empregada para sua obtenção, que reflete no grau de pureza, concentração de glicerol, ácidos graxos residuais não convertidos em biodiesel, minerais, álcool e água (Krehbiel, 2008). Neste trabalho, a GB utilizada foi oriunda de resíduo de óleo de cozinha, a sua pureza não foi avaliada e o fluido ruminal utilizado nas incubações foi obtido de dois bovinos não adaptados à GB.

Em relação ao volume dos gases produzidos e à taxa de digestão dos carboidratos não fibrosos (Vcnf e Kdcnf, respectivamente), a análise estatística revelou comportamento quadrático, sendo observado volume máximo produzido (Vcnf = 126,62mL/g MS) e taxa mínima (Kdcnf = 0,0782. h⁻¹) estimada para a inclusão de 54,85 e 58,75g de GB/kg de MS, respectivamente (Tab. 3).

Estes resultados indicam que a inclusão de aproximadamente 50,0g de GB/kg de MS da silagem de sorgo pode ser benéfica aos microrganismos ruminais fermentadores de carboidratos não fibrosos, embora haja redução na velocidade da fermentação. O mecanismo de ação da GB (glicerol) sobre os microrganismos ruminais ainda é desconhecido, porém acredita-se que torne o substrato menos acessível às células microbianas (Roger *et al.*, 1992), o que

pode explicar a menor taxa de fermentação encontrada.

De forma contrária, não houve efeito significativo ($P > 0,05$) dos níveis de GB sobre a taxa de digestão (Kdcf) e o volume de produção dos gases a partir da fração fibrosa (Vcf) (Tab. 3), sendo observados valores médios de Kdcnf = 0,015. h⁻¹ e Vcf = 126mL/g MS, respectivamente. As diferenças observadas no comportamento dos volumes e das taxas das frações fibrosas e não fibrosas indicam que os microrganismos ruminais apresentam diferenças na habilidade em se adaptar à GB, o que indica a necessidade de pesquisas para avaliar quais os tipos de microrganismos ruminais, principalmente bactérias, que apresentam maior sensibilidade a níveis mais elevados de GB.

Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) dos níveis de GB sobre o VT (mL.g⁻¹MS), sendo observado valor médio de 242,42mL.g⁻¹MS, respectivamente.

Já em relação aos parâmetros ajustados da cinética de degradação da FDN *in vitro* da silagem de sorgo, houve efeito significativo ($P < 0,05$) apenas para a fração insolúvel potencialmente degradável da FDN (B), com um decréscimo de 0,996% na degradação para cada 10g de GB/kg de MS (Tab. 4). Essa observação indica que os microrganismos responsáveis por atuar sobre a fração B apresentaram maior sensibilidade à inclusão dos níveis de GB (glicerol).

Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) dos níveis de GB sobre a fração potencialmente degradável da FDN (A), a taxa de degradação da FDN (C) e a fração indigestível da FDN (I) da silagem de sorgo, estimando-se valores médios 80,63%; 0,0343h⁻¹ e 19,35%, respectivamente (Tab. 4). Essas observações demonstraram que a inclusão de GB em até 90g/kg de MS de silagem de sorgo não interferiu na atividade dos microrganismos que atuam sobre a fração potencialmente degradável da FDN (A), a taxa de degradação da FDN (C) e a fração indigestível da FDN (I) da silagem de sorgo.

Glicerina bruta associada...

Tabela 4. Parâmetros médios ajustados relativos à cinética de degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro da silagem de sorgo com níveis de glicerina bruta, equações de regressão ajustadas e seus respectivos coeficientes de determinação

Parâmetros	Nível de glicerina bruta g/kg MS				EPM ⁵ ±	Equação de regressão	R ² /r ²
	0	30	60	90			
A ¹ (%)	80,17	80,56	81,29	80,57	0,21	y = 80,64	-
B ² (%)	33,78	30,87	27,54	24,93	1,28	y = 33,7636 - 0,996x	0,96
C ³ (/h ⁻¹)	0,02	0,03	0,02	0,02	0,001	y = 0,0343	-
I ⁴ (%)	19,83	19,44	18,71	19,43	0,21	y = 19,35	-

⁽¹⁾A: degradação potencial da fração FDN; ⁽²⁾B: fração insolúvel potencialmente degradável; ⁽³⁾C: taxa de degradação da fração B por unidade de tempo; ⁽⁴⁾I: fração indegradável da FDN; ⁽⁵⁾EPM: erro-padrão médio; * α = 0,05 de probabilidade para o erro tipo I.

Em relação ao ensaio *in vivo*, a inclusão de GB em até 70g/kg MS na silagem de sorgo não afetou ($P > 0,05$) o consumo de MS e de compostos nutricionais em cordeiros (Tab. 5). Os

valores médios observados para o consumo de MS, MO FDNcp, PB, CNF, EE e NDT foram, respectivamente, 632,3; 563,7; 276,8; 56,9; 233,7; 24,80 e 383,7g/dia (Tab. 5).

Tabela 5. Consumos de fatores nutricionais nutrientes digestíveis totais (NDT), em cordeiros alimentados à base de silagem de sorgo e glicerina bruta

Item	Nível de glicerina bruta (g/kg MS)					EPM ⁴ ±	Equação de regressão
	0	17	33	55	70		
g/dia							
Matéria seca	683,56	623,26	638,96	588,58	627,02	39,5	$\hat{Y} = 632,3$
Matéria orgânica	634,80	567,66	570,40	513,74	532,12	36,7	$\hat{Y} = 563,7$
Proteína bruta	63,74	56,60	58,16	52,30	54,00	3,8	$\hat{Y} = 56,9$
FDNcp ¹	312,12	277,58	279,56	250,78	264,14	16,1	$\hat{Y} = 276,8$
CNF ²	262,00	235,60	235,10	213,90	222,00	16,9	$\hat{Y} = 233,7$
Extrato etéreo	24,28	24,30	26,20	24,56	24,86	2,1	$\hat{Y} = 24,80$
NDT ³	434,90	381,00	392,50	347,80	362,20	33,5	$\hat{Y} = 383,7$
Matéria seca g/kg PC ⁵	28,55	26,52	26,44	26,43	26,62	1,3	$\hat{Y} = 26,9$
Matéria seca g/kg ^{0,75}	63,04	58,22	58,39	57,28	58,46	3,0	$\hat{Y} = 59,1$
FDNcp ¹ g/kg PC ⁵	13,05	11,85	11,61	11,26	11,23	0,6	$\hat{Y} = 11,8$
FDNcp ¹ g/kg ^{0,75}	28,79	25,99	25,62	24,41	24,66	1,2	$\hat{Y} = 25,9$

⁽¹⁾FDNcp: fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; ⁽²⁾CNF: carboidratos não fibrosos; ⁽³⁾NDT: nutrientes digestíveis totais. ⁽⁴⁾EMP: erro-padrão da média; ⁽⁵⁾PC: peso corporal; * α = 0,05 de probabilidade para erro tipo I.

O efeito não significativo ($P > 0,05$) dos níveis de GB sobre o consumo de MS e a proporção semelhante dos compostos nutricionais nas dietas (Tab. 2) podem explicar o efeito não significativo ($P > 0,05$) dos níveis de GB sobre o consumo de MO, FDNcp, PB, CNF, EE e NDT. Desta forma, os resultados observados estão mais associados com as características nutricionais da silagem de sorgo.

Machado *et al.* (2011) avaliaram o consumo e a digestibilidade aparente de três híbridos, BRS 610, BR 700 e BRS 655, colhidos em três

estádios de maturação dos grãos, leitoso, pastoso e farináceo, e observaram valores médios para o consumo de MS entre 45,90 e 51,20g/kg^{0,75}, para híbrido BRS 655, o mesmo utilizado neste trabalho. O valor médio obtido para o consumo de MS, 59,07g/kg^{0,75}, foi superior ao observado por Machado *et al.* (2011). Tal fato pode ser explicado pela diferença na composição química das silagens. Neste trabalho, a silagem de sorgo utilizada apresentou valores médios de 446,18 e 43,6g/kg MS para FDNcp e lignina, respectivamente, inferiores aos observados por

Machado *et al.* (2011) (629,5 e 58,5g/kg MS, respectivamente).

A inclusão de GB em até 70g/kg de MS na silagem de sorgo não afetou a proporção de MS e compostos nutricionais absorvidos pelo organismo dos animais, o que pode ser confirmado pelo efeito não significativo ($P>0,05$)

dos níveis de GB sobre os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO, FDNcp, CNF, PB e EE (Tab. 6). Os valores médios observados para os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO, FDNcp, PB, CNF e EE foram, respectivamente, 0,59; 0,57; 0,42; 0,56; 0,85 e 0,78 g/g (Tab. 6).

Tabela 6. Coeficientes de digestibilidade aparente de fatores nutricionais em cordeiros alimentados com silagem de sorgo associados com níveis de glicerina bruta

Digestibilidade	Nível de glicerina bruta (g/kg MS)					EPM ⁴ ±	Equação de regressão
	0	17	33	55	70		
Matéria seca (g/g)	0,59	0,57	0,60	0,60	0,61	0,01	$\hat{Y} = 0,59$
Matéria orgânica (g/g)	0,59	0,56	0,58	0,57	0,58	0,01	$\hat{Y} = 0,57$
FDNcp ¹ (g/g)	0,44	0,43	0,42	0,43	0,39	0,02	$\hat{Y} = 0,42$
CNF ² (g/g)	0,84	0,85	0,88	0,87	0,83	0,01	$\hat{Y} = 0,85$
Proteína bruta (g/g)	0,61	0,50	0,54	0,52	0,60	0,02	$\hat{Y} = 0,56$
Extrato etéreo (g/g)	0,80	0,79	0,76	0,78	0,79	0,02	$\hat{Y} = 0,78$
NDT ³ (g/g)	0,66	0,64	0,63	0,62	0,58	0,01	$\hat{Y} = 0,63$

⁽¹⁾FDNcp: fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; ⁽²⁾CNF: carboidratos não fibrosos; ⁽³⁾NDT: nutrientes digestíveis totais; ⁽⁴⁾EPM: erro-padrão da média; * $\alpha = 0,05$ de probabilidade para erro tipo I.

Os valores médios observados para os coeficientes de digestibilidade aparente da MS e da MO, respectivamente 0,59 e 0,57g/g, estão dentro da faixa obtida por Souza *et al.* (2003), cujos valores variaram entre 0,50 e 0,64g/g para a digestibilidade da MS e entre 0,53 e 0,65g/g para a digestibilidade da MO, avaliando-se o valor nutritivo de silagens de diferentes híbridos de sorgo de porte médio e alto.

Os valores médios observados para os coeficientes de digestibilidade aparente da FDNcp e MS (0,42 e 0,59g/g, respectivamente) apresentaram-se semelhantes aos observados por Machado *et al.* (2011) para o híbrido BRS 655, nos estádios pastoso e farináceo (entre 0,43 e 0,39g/g e 0,52 e 0,49g/g) para os coeficientes de digestibilidade aparente da FDNcp e MS, respectivamente. O estádio de maturação na

colheita, a composição química das silagens, as condições climáticas, a relação colmo:panícula das plantas e as variações entre os animais experimentais, entre outros fatores, podem explicar as diferenças entre os resultados.

Não houve efeito significativo ($P>0,05$) dos níveis de GB sobre o N (g/animal/dia) consumido, fecal, urinário e retido (Tab. 7). A observação de efeito não significativo ($P>0,05$) dos níveis 0, 17, 33, 55 e 70g/kg de MS de silagem de sorgo sobre a ingestão de N (9,11g/dia), a excreção fecal (3,96g/dia) e a urinária (2,14), resultando em balanço positivo de N (3,01g/dia) (Tab. 7), leva a inferir que houve equilíbrio e sincronia de degradação das fontes proteicas e energéticas das dietas uma vez que a relação proteína:energia não afetou a retenção de nitrogênio.

Tabela 7. Valores médios diários do balanço de nitrogênio em cordeiros alimentados com silagem de sorgo associado com níveis de glicerina bruta

Nitrogênio	Nível de glicerina bruta (g/kg MS)					EPM ¹ ±	Equação de regressão
	0	17	33	55	70		
Consumido (g/dia)	10,20	9,05	9,31	8,36	8,64	0,62	$\hat{Y} = 9,11$
Fecal (g/dia)	3,76	4,31	4,17	3,96	3,60	0,26	$\hat{Y} = 3,96$
Urinário (g/dia)	2,54	2,20	1,97	2,12	1,87	0,16	$\hat{Y} = 2,14$
Retido (g/dia)	3,90	2,54	3,17	2,28	3,17	0,44	$\hat{Y} = 3,01$

⁽¹⁾EPM: erro-padrão da média; * $\alpha = 0,05$ de probabilidade para o erro tipo I.

O aumento de glicerol com a inclusão dos níveis de GB, provavelmente, não afetou o crescimento das bactérias e, conseqüentemente, a retenção de N, visto que, com a elevação da quantidade de GB, não foram observadas diferenças na retenção de N ($P>0,05$). A observação de efeito não significativo ($P>0,05$) dos níveis de GB sobre o consumo de MS (Tab. 5) e a semelhança na concentração de PB entre as dietas (Tab. 2) podem explicar o efeito não significativo ($P>0,05$) no balanço de N.

Em relação à excreção de N, o N perdido via urina (2,14g/dia) não superou a excreção de N fecal (3,96g/dia). Dois fatores podem ter influenciado esse resultado. O primeiro refere-se ao fato de que a fonte de nitrogênio predominante nas dietas à base de sorgo foi a proteína verdadeira com menor contribuição de ureia (Tab. 1), o que minimizou as perdas de amônia no rúmen. O segundo fator seria a presença de tanino no cultivar utilizado.

CONCLUSÕES

A utilização de glicerina bruta entre 50 e 70g/kg de MS em dietas à base de silagem de sorgo pode ser fonte alternativa de energia para cordeiros, já que nessas proporções resulta em maior produção dos gases oriunda da fração dos carboidratos não fibrosos, além de não afetar o consumo e a digestibilidade dos nutrientes bem como o balanço de compostos nitrogenados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (MCT/CNPq – processo n.º. 475129/2010-5), à Universidade Estadual de Santa Cruz, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia e ao Banco do Nordeste do Brasil, pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION Official Analytical Chemists (AOAC). Official methods of analysis.16.ed. Washington, D.C.: AOAC, 1990. 1094p.

CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. *et al.* Estimativa de teores de componentes fibrosos em alimentos para ruminantes em sacos de diferentes tecidos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.38, p.130-138, 2009.

DONKIN, S.S. Glycerol from biodiesel production: the new corn for dairy cattle. *Rev. Bras. Zootec.*, v.37, p.280-286, 2008.

HALL, M.B. Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen. *University of Florida. Bulletin* 339, p.A-25. 2000.

KREHBIEL, C.R. Ruminant and physiological metabolism of glycerol. *J. Anim. Sci.*, v.2, p.392, 2008.

LEE, S.Y.; LEE, S.M.; CHO, Y.B. *et al.* Glycerol as a feed supplementation for ruminants: In vitro fermentation characteristic and methane production. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.166, p.269-274, 2011.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.57, p.347-358, 1996.

MACHADO, F.S.; RODRÍGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. *et al.* Consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo em diferentes estádios de maturação. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.63, p.1470-1478, 2011.

MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. *et al.* A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.79, p.321-330, 1999.

MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. *Anais...* Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p.188-219. (Resumo)

NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility. A review. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.2051-2069, 1988.

PEREIRA, L.G.R.; MAURÍCIO, R.M.; MENEZES, D.R. *et al.* Influência da glicerina bruta na cinética de fermentação ruminal in vitro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. *Anais...* Lavras: [s.n.], 2008. (Resumo).

ROGER, V.; FONTY, G.; ANDRE, C.; GOUET, P. Effects of glycerol on the growth, adhesion, and cellulolytic activity of rumen cellulolytic bacteria and anaerobic fungi. *Cur. Microb.*, v.25, p.197-201, 1992.

SANTOS, M.G.M.F.; AZEVÊDO, J.A.G.; PEREIRA, L.G.R. *et al.* Relação entre pressão e volume para implantação da técnica *in vitro* de produção de gases no trópico úmido. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., Salvador. *Anais...* Salvador: [s.n.] 2010. (Resumo).

SAMPAIO, I.B.M.; PIKE, D.J.; OWEN, E. Optimal design for studying dry matter degradation in the rumen. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.47, p.373-383, 1995.

SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. *J. Anim. Sci.*, v.72, p.2980-2991, 1994.

SOUZA, V.G.; PEREIRA, O.G.; DE MORAES, S.A. *et al.* Valor Nutritivo de Silagens de Sorgo. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.753-759, 2003.

THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. *et al.* A simple gas production method using a pressure transducer to determine fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.48, p.185-197, 1994.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. (Ed) *Analysis of forages and fibrous foods*. Ithaca: CORNELL UNIVERSITY, 1985. 202p.