

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

USO DE GLICERINA NA ENSILAGEM DE MILHO OU NO
CONCENTRADO PARA TERMINAÇÃO DE CORDEIROS

Autora: Tatiane Martins de Oliveira
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim
Coorientador: Prof. Dr. Antonio Ferriani Branco

MARINGÁ
Estado do Paraná
Maio - 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

USO DE GLICERINA NA ENSILAGEM DE MILHO OU NO
CONCENTRADO PARA TERMINAÇÃO DE CORDEIROS

Autora: Tatiane Martins de Oliveira
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim
Coorientador: Prof. Dr. Antonio Ferriani Branco

Tese apresentada, como parte das exigências
para obtenção do título de DOUTOR EM
ZOOTECNIA, no Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia da Universidade
Estadual de Maringá - Área de concentração
Pastagens e Forragicultura.

MARINGÁ
Estado do Paraná
Maio - 2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

O48u Oliveira, Tatiane Martins de
Uso de glicerina na ensilagem de milho ou no
concentrado para terminação de cordeiros / Tatiane
Martins de Oliveira. -- Maringá, 2014.
65 f. : il. color., figs., tabs.

Orientador : Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de
Maringá, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, 2014

1. Cordeiros - Glicerina - Ensilagem de milho -
Valor nutritivo. 2. Cordeiros - Degradabilidade in
situ. 3. Cordeiros - Digestibilidade. 3. Cordeiros
- Ganho de peso - Produção de carne. I. Jobim,
Clóves Cabreira, orient. II. Universidade Estadual
de Maringá. Departamento de Zootecnia. Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

CDD 21.ed.636.3085

Zss-2077




UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**USO DE GLICERINA NA ENSILAGEM DE MILHO
OU NO CONCENTRADO PARA TERMINAÇÃO
DE CORDEIROS**

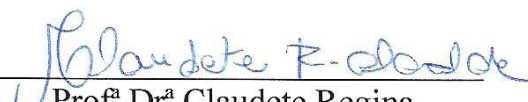
Autora: Tatiane Martins de Oliveira
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim

TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Pastagem e
Forragicultura

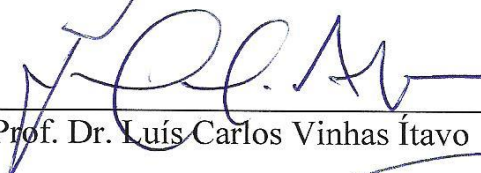
APROVADA em 30 de maio de 2014.




Prof. Dr. Ulysses Cecato



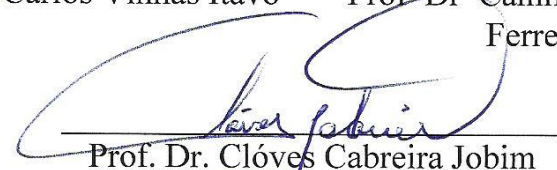
Profª Drª Claudete Regina
Alcalde



Prof. Dr. Luís-Carlos Vinhas Ítavo



Profª Drª Camila Celeste Brandão
Ferreira Ítavo



Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim
(Orientador)

“Ninguém nasce feito,
É experimentando-nos no Mundo
que nós nos fazemos.”

Paulo Freire

Aos

Meus amados pais, José de Oliveira e Neusa Martins de Oliveira, pelo incentivo, apoio, dedicação, ensinamentos, nos esforços incansáveis na superação dos desafios e o excelente exemplo de vida demonstrado dia a dia;

ao

meu amado irmão, Fábio de Oliveira, por todo carinho, apoio, pelas conversas proveitosas e valiosos conselhos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, pelo maravilhoso dom da vida concedido e por permitir a realização de mais um trabalho.

À Universidade Estadual de Maringá- UEM, e ao Departamento de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade oferecida para a realização desta pós-graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de doutorado.

À empresa BSBios Energia Renovável, Marialva – PR, pelo fornecimento da glicerina empregada nos experimentos.

Ao Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim pela oportunidade, orientação, pelos valiosos ensinamentos, pela amizade e o companheirismo nas atividades do Grupo de Estudo em Silagem e Feno - GESF, muito obrigada.

Aos Professores, Dr. Antonio Ferriani Branco, Dr. Francisco Assis Fonseca de Macedo, Dr. Robson Marcelo Rossi, Dr. Ulysses Cecato, Dr. Geraldo Tadeu dos Santos, Dr. Marcos Weber do Canto, Dra. Claudete Regina Alcalde e Dra. Paula Adriana Grande, pelas contribuições e ensinamentos.

Aos colegas, Marcelo Bertapelli, Marcos Rogério Oliveira, Igor Q. Carvalho, Samuel Laudelino, Tamara T. Tres, Mábio J. Silvan, Marco Antonio B. Gomes, Ludmila C.

Gomes, Milton T. Yabe, Edson S. Egushi, Marice C. Vendruscolo, José M. Saúte e Osvaldo Martins, pela colaboração e amizade.

Aos bolsistas e estagiários do GESF, Viviane C. Gritti, Eduardo Pachemshi A. da Silva, Caio C. G. Feitosa, Arthur H. Vieira, Ivan L. Rosina, Igor Martins, Rafael I. Pires, Janaina P. Oliveira, Fernanda Donini, Leonam L. Pereira, Marco A. Mello, pela colaboração nas atividades do experimento.

Aos funcionários da Fazenda Experimental Iguatemi (FEI), Nelson Nogueira, Nelson Palmeira, Antônio Silva, Wilson Tonhato Marssola, Célio Aparecido Passolongo e Vicente Mendes Faleiros, pelo apoio.

A todos, que de alguma forma, contribuíram na realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

TATIANE MARTINS DE OLIVEIRA, filha de José de Oliveira e Neusa Aparecida Martins de Oliveira, nasceu em Londrina – PR, no dia 03 de outubro de 1983.

No ano de 2004, ingressou no curso de graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Londrina - UEL. Em agosto de 2008, concluiu o curso de Zootecnia pela UEL.

Em março de 2009, iniciou o curso de Mestrado pelo Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos na UEL, e, em fevereiro de 2011, obteve o título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Ainda em 2011, em março, iniciou o curso de doutorado na Universidade Estadual de Maringá – UEM, na área de concentração Pastagem e Forragicultura.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT.....	xiv
I - INTRODUÇÃO GERAL	1
1. Revisão de Literatura	2
1.1. Processos de produção de biodiesel e glicerina	2
1.2. Uso de aditivos em silagem.....	4
1.3. Perdas e estabilidade aeróbia de silagem de milho	7
1.4. Glicerol na alimentação de ruminantes	8
Referências Bibliográficas	10
II – OBJETIVOS GERAIS	15
III- COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGEM DE MILHO ADICIONADA DE GLICERINA	16
Resumo.....	16
Abstract.....	17
Introdução	18
Material e Métodos	19
Resultados e Discussão	21
Conclusões	27
Referências bibliográficas.....	28

IV- COMPOSIÇÃO QUÍMICA, DEGRADABILIDADE E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE MILHO ADICIONADA DE GLICERINA.....	30
Resumo.....	30
Abstract.....	31
Introdução	32
Material e Métodos	33
Resultados e Discussão	37
Conclusões	44
Referências bibliográficas.....	45
V - TERMINAÇÃO DE CORDEIROS COM RAÇÕES ADICIONADAS DE GLICERINA NA ENSILAGEM DE MILHO OU AO CONCENTRADO.....	48
Resumo.....	48
Abstract.....	49
Introdução	50
Material e Métodos	51
Resultados e Discussão	55
Conclusões	63
Referências bibliográficas.....	63
VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66

LISTA DE TABELAS

	Página
III - COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGEM DE MILHO ADICIONADA DE GLICERINA.	
TABELA 1 – Concentrações de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro e ácido (FDN e FDA), lignina (Lig), carboidratos totais e não-fibrosos (CT e CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) para silagens de milho com doses crescentes de glicerina e as equações de regressão.....	23
TABELA 2 - Estabilidade aeróbia (0 a 192 horas) de silagem de milho adicionada de doses crescentes de glicerina.....	26
IV – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, DEGRADABILIDADE E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE MILHO ADICIONADAS DE GLICERINA	
TABELA 1 - Composição química e digestibilidade <i>in vitro</i> de matéria seca (DIVMS) de silagem de milho (SM) com ou sem glicerina (G).....	38
TABELA 2 - Estimativas Bayesianas (médias e desvios-padrão) para os parâmetros dos modelos degradabilidade potencial e efetiva da matéria seca (MS) com taxas de passagem de 2, 5 e 8% por hora da silagem de milho com adição de glicerina.....	40
TABELA 3 - Estimativas Bayesianas (médias e desvios-padrão) para os parâmetros dos modelos degradabilidade potencial e efetiva da fibra em detergente neutro (FDN), com taxas de passagem de 2, 5 e 8% por hora da silagem de milho com adição de glicerina.....	42
TABELA 4 - Estabilidade aeróbia (0 a 216 horas) de silagens de milho (SM) sem ou com adição de glicerina (G).....	44

V – TERMINAÇÃO DE CORDEIROS COM RAÇÕES ADICIONADAS DE GLICERINA NA ENSILAGEM DE MILHO OU AO CONCENTRADO

TABELA 1 - Composição de rações com inclusão de glicerina (G) (% na MS) na silagem de milho (SM) ou no concentrado (C) utilizado na alimentação de cordeiros.....	52
TABELA 2 - Composição química e digestibilidade <i>in vitro</i> de matéria seca (DIVMS) de silagens de milho controle (SM) ou com glicerina (SMG) como aditivo (base MS).....	55
TABELA 3 - Coeficientes de digestibilidade de matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB), extrato etéreo (CDEE) e fibra em detergente neutro (CDFDN) de rações adicionadas de glicerina (G) na ensilagem de milho (SM) ou no concentrado (C).....	56
TABELA 4 - Consumo de matéria seca (CMS), de fibra em detergente neutro (CFDN), de proteína bruta (CPB), ganho médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA) de cordeiros alimentados com rações com inclusão de glicerina (G) na ensilagem de milho (SM) ou no concentrado (C).....	58
TABELA 5 - Peso corporal inicial (PCI) e ao abate (PCA), peso de carcaça quente (CQ) e fria (CF), e rendimento de carcaça quente (RCQ) e fria (RCF) de cordeiros alimentados com rações adicionadas de glicerina (G) na ensilagem de milho (SM) ou no concentrado (C).....	61
TABELA 6 - Estimativa do custo de produção com rações adicionadas de glicerina (G) na ensilagem de milho (SM) ou no concentrado (C) em confinamento na terminação de 1000 cordeiros.....	62

LISTA DE FIGURAS

	Página
III- COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGEM DE MILHO ADICIONADA DE GLICERINA	
FIGURA 1 - Perdas totais de matéria seca no período de armazenagem (120 dias) de silagens de milho adicionada de glicerina em silos à vácuo.....	21
FIGURA 2 - Valores médios de pH de silagem de milho com adição de doses crescentes de glicerina (%) na estabilidade aeróbia por 192 horas após a abertura dos silos.....	24
FIGURA 3 - Valores médios de temperatura ambiente (TA) e de silagem de milho com adição de doses crescentes de glicerina (% MN) na estabilidade aeróbia por 192 horas após a abertura dos silos.....	25
FIGURA 4 - Perdas totais de matéria seca no período de avaliação de estabilidade aeróbia (192 horas) de silagem de milho adicionada de doses crescentes de glicerina.....	27
IV- COMPOSIÇÃO QUÍMICA, DEGRADABILIDADE E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE MILHO ADICIONADA DE GLICERINA	
FIGURA 1 - Comparação entre as curvas de degradabilidade total de Matéria Seca ajustadas, respectivamente, para os tratamentos SM, SM4%G e SM9%G.....	41

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da adição de glicerina semipurificada na ensilagem de milho na composição química, digestibilidade, degradabilidade *in situ* e a conservação, e os efeitos de glicerina em ração de cordeiros em terminação. Para isso, foram realizados três experimentos com delineamento inteiramente casualizado. No primeiro experimento, doses de glicerina: 0, 5, 10, 15 e 20% (base na matéria natural) adicionada na ensilagem de milho, embalada à vácuo (850 g), selado com embaladora modelo TeqMaq TM 280 e abertos aos 120 dias. Avaliadas perdas totais de matéria seca na armazenagem e na estabilidade aeróbia, e composição química de silagens. Na estabilidade aeróbia de silagem, foram coletados valores de pH e temperatura, a cada 24 horas, no período de 0 a 192 horas, após abertura dos silos. Os resultados foram analisados por análise de regressão ($p < 0,05$). Silagem de milho não adicionada de glicerina apresentou maiores perdas de MS (10,17%) durante a armazenagem. A menor concentração de MS (271,6 g kg⁻¹ MN), MM (37,4 g kg⁻¹ MS), CNF (188,6 g kg⁻¹ MS) e NDT (638,8 g kg⁻¹ MS) foi determinada na silagem de milho não adicionada de glicerina, com efeito quadrático ($p < 0,05$). As silagens de milho adicionadas de 15 e 20% de glicerina apresentaram maior concentração de CHOT de 891,1 e 897,8 g kg⁻¹ MS, respectivamente. Estas silagens foram as que apresentaram maior estabilidade aeróbia e menores perdas totais de matéria seca. No segundo experimento, milho ensilado sem adição de glicerina, com 4% e 9% de glicerina (base matéria natural) foram analisados a composição química de silagens, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em incubadora artificial TE-150 (Tecnal ®), a estabilidade aeróbia (0 a 216 horas) após abertura dos silos, com intervalo de 24 horas, a degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS) e o desaparecimento da fibra em detergente neutro (FDN) em amostras incubadas por tempos de 0, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas em três bovinos fistulados. Análises estatísticas foram realizadas por Inferência Bayesiana e análise de variância ($p < 0,05$). A adição de glicerina em 4 ou 9% aumentou as concentrações de MS e NDT. Não foram observadas alterações nos valores de matéria mineral, proteína bruta, extrato etéreo, lignina, FDN, CHOT, CNF e DIVMS. Na degradação potencial da MS, ocorreu aumento na fração solúvel (**a**) e redução na fração potencialmente degradável (**b**). A degradabilidade efetiva (DE) da MS e da FDN foi maior nas silagens adicionadas de glicerina. A estabilidade aeróbia de silagens com glicerina apresentou menores valores de pH e temperatura máxima. E no terceiro experimento, foram fornecidos 4,4 e 8,8% de glicerina com base na matéria seca (MS) da ração de cordeiros, adicionada na ensilagem de milho ou ao concentrado. Vinte e oito cordeiros

Dorper x Santa Inês, machos inteiros ($20 \pm 1,8$ kg PC) foram avaliados para consumo de matéria seca (CMS), ganho médio diário (GMD), peso corporal ao abate (PCA), peso carcaça quente (PCQ) e fria (PCF) e os respectivos rendimentos. Foram determinados a composição química e os nutrientes digestíveis totais (NDT) da silagem de milho adicionada ou não de glicerina. Os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e fibra em detergente neutro (FDN) foram determinados, a partir de coleta de fezes e determinação da matéria seca indigestível (MSi) como indicador interno. A adição de glicerina aumentou as concentrações de MS de $289,6 \text{ g kg}^{-1}$ MS para $323,7$ e $339,9 \text{ g kg}^{-1}$ MS, e de NDT de $547,0 \text{ g kg}^{-1}$ MS para $576,1$ e $626,9 \text{ g kg}^{-1}$ MS nas silagens de milho. A glicerina adicionada ao concentrado resultou em maior digestibilidade da MS (78,85 e 82,56%), PB (70,19 e 79,07%) e EE (77,49 e 83,15%) das rações. Houve, em média, aumento de 7,4% no CMS e de 10,5% no consumo de FDN pelos cordeiros quando a glicerina foi adicionada no concentrado. Também o GMD (200 e 210 g) foi maior, com adição de 4,4 e 8,8% de glicerina no concentrado, respectivamente. Não houve efeito da dose de glicerina e forma adicionada a ração (ensilagem ou concentrado) no peso corporal ao abate, pesos de carcaça quente e fria e nos rendimentos de carcaça. Desse modo, os resultados evidenciam que a adição de glicerina na ensilagem do milho possibilitou o enriquecimento no valor nutricional, houve maior degradabilidade ruminal, reduziu perdas de matéria seca e aumentou a estabilidade aeróbia das silagens. Na terminação de cordeiros, a glicerina deve ser adicionada no concentrado, pois proporcionou maior consumo de matéria seca e ganho médio diário de cordeiros em terminação, e em maior escala de produção pode proporcionar maior rentabilidade por quilo de carcaça por aumentar a produtividade em um mesmo período de confinamento.

Palavras-chave: valor nutritivo, glicerol, degradabilidade *in situ*, digestibilidade, estabilidade aeróbia, ganho de peso, produção de carne

ABSTRACT

This study was performed to evaluate the effects of adding semi-purified glycerin in ensiling of corn, to analyze the chemical composition, digestibility, conservation quality, in situ degradability and also to assess the effects of glycerin in finishing rations of lambs. For this, three experiments with completely randomized design were performed. In the first experiment, glycerin doses: 0, 5, 10, 15 and 20% (natural matter basis) added silage corn, vacuum packed (850 g), sealed with wrapping model TeqMaq™ 280 and opening 120 days. Total dry matter losses in storage and aerobic stability and chemical composition of silage were evaluated. In aerobic stability of silage pH and temperature were collected every 24 hours, the period 0-192 hours after silo opening. The results were analyzed by regression analysis ($P < 0.05$). Corn silage with no added glycerin showed higher DM losses (10.17%) during storage. The lowest concentration of DM (271.6 g kg⁻¹ NM), MM (37.4 g kg⁻¹ DM), NFC (188.6 g kg⁻¹ DM) and TDN (638.8 g kg⁻¹ DM) were determined on silage corn with no added glycerin, with the quadratic effect of ($P < 0.05$). The corn silage with added 15% and 20% glycerin, showed higher TC of 891.1 and 897.8 g kg⁻¹ DM, respectively. These silages showed the greater aerobic stability and lower total dry matter losses. In the second experiment, corn silage was used, without added glycerin, 4% and 9% glycerin (natural matter basis) which is the chemical composition of silage, in vitro digestibility of dry matter (DM) on an artificial incubator TE-150 (Tecnal™). Aerobic stability (0-216 hours) after opening the silos, every 24 hours, in situ degradability of dry matter (DM) and the disappearance of neutral detergent fiber (NDF) in samples incubated for times 0, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72 and 96 hours in three fistulated cattle. Statistical analyzes were performed by Bayesian inference and analysis of variance ($p < 0.05$). The addition of glycerin in 4 or 9% increased concentrations of DM and TDN. No changes in the amounts of mineral matter, crude protein, ether extract, lignin, NDF, TC, NFC and IVDDM were observed. In potential DM, degradation was increased in the soluble fraction (a) and reduction in the potentially degradable fraction (b). The effective degradability (ED) of DM and NDF were higher in silages with added glycerin. The aerobic stability of silage with glycerin had lower pH and maximum temperature. In the third experiment 4.4 and 8.8% glycerin was provided on dry matter (DM) to the rations of lambs, with added maize silage or concentrate. Twenty-eight lambs, Dorper x Santa Ines, males (20 ± 1.8 kg BW) were evaluated for dry matter intake (DMI), average daily gain (ADG), body weight at slaughter (BWS), hot carcass weight (HCW) and cold carcass weight (CCW) and their income. The chemical composition and total digestible nutrients (TDN) of silage corn

with added and no added glycerin was determined. The apparent digestibility of DM, crude protein (CP), ether extract (EE) and neutral detergent fiber (NDF) was determined by feces collected and determination of indigestible dry matter (IDM) as an internal marker. The addition of glycerin increased the DM concentration of 289.6 g kg⁻¹ DM to 323.7 and 339.9 g kg⁻¹ DM; and the TDN of 547.0 g kg⁻¹ DM to 576.1 and 626.9 g kg⁻¹ DM in silage corn. In assessing the digestibility coefficients, glycerin added to the concentrate resulted in higher DM digestibility (78.85 and 82.56%), CP (70.19 and 79.07%) and EE (77.49 and 83.15%) of rations. There was an average 7.4% increase in DMI and 10.5% in NDF intake by lambs when glycerin was added to the concentrate. Also, ADG (200 and 210g) was higher with the addition of 4.4 and 8.8% glycerin, respectively, to the concentrate. There was no effect with dose and form of glycerin added to feed (silage or concentrate) in body weight at slaughter, weights of hot and cold carcass and the carcass. Thus, the results show that the addition of glycerin in silage corn enabled a richer nutritional value. There was higher ruminal degradability, reduced dry matter losses and increased aerobic stability of silages. In lamb finishing, glycerin must be added to the concentrate, thus providing greater dry matter intake and average daily gain of finishing lambs, and on a larger scale production, can provide higher profitability per kilogram of carcass to increase productivity in the same confinement time.

Key words: nutritive value, glycerol, *in situ* degradability, digestibility, aerobic stability, weight gain, meat production

I - INTRODUÇÃO GERAL

O biocombustível é um composto formado a partir de materiais orgânicos, biomassa e produtos agrícolas. São exemplos o etanol e o biodiesel, que pode ser utilizado na forma pura ou misturado ao combustível de origem fóssil (PETROBRAS, 2013). A produção de biodiesel tem a finalidade de viabilizar a produção dos combustíveis renováveis, biodegradável e reduzir a utilização de combustíveis fósseis (ROCHA et al., 2008).

A produção anual de biodiesel é crescente pela sua participação na matriz energética nacional, conforme o art. 2º da Lei Nº 11.097, de 13 de Janeiro de 2005, que determina a introdução de 5% de biodiesel como aditivo em volume ao óleo diesel comercializado. Em 2012, a produção nacional de biodiesel foi maior que 2,7 milhões de metros cúbicos (m³) e 274.683 m³ de glicerina, sendo a região centro-oeste responsável por 42,8% desta produção, com 1,16 milhões de m³ de biodiesel (ANP, 2013).

Para a produção do biodiesel, as matérias-primas utilizadas são na maior parte proveniente de óleo vegetal, principalmente o óleo de soja e de algodão; também são utilizados a gordura animal (bovino, frango e suíno) e outros materiais graxos como óleo de palma, amendoim, nabo forrageiro, girassol, mamona, sésamo e óleos de fritura (MAPA, 2012).

Durante o processo de produção do óleo vegetal e do biodiesel, há a formação de vários coprodutos. Entre estes, destacam-se a torta ou farelo e a glicerina (LIMA et al., 2009), sendo que, do total de produto resultante do processamento do biodiesel, cerca de 10% é transformado em glicerina (GONÇALVES et al., 2009).

A inclusão de coprodutos das agroindústrias na alimentação animal é cada vez mais crescente. Dessa forma, coprodutos são utilizados como ingrediente em rações para atender às exigências nutricionais de animais como complemento ou na substituição de cereais na formulação de concentrados protéicos ou energéticos (SILVA et al., 2011). O fornecimento de alimento concentrado na dieta de animais é empregado no balanceamento da ração para suprir o déficit de nutrientes em sistemas intensivos, atendendo os requerimentos no consumo diário para manutenção e produção (PIMENTEL et al., 2011).

A glicerina, por sua vez, tem sido utilizada não apenas na indústria de tabaco, alimentícia, bebidas, de cosméticos (HENN e ZANIN, 2009), têxtil e de embalagens plásticas (MOTA e PESTANA, 2011), mas também na alimentação de animais monogástricos e ruminantes.

Portanto, de acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (2014), foi estabelecido um padrão mínimo de qualidade para a glicerina ser usada na alimentação animal. Considera-se o ingrediente base para extração vegetal e a glicerina com valores de glicerol 80 g kg^{-1} (mínimo), umidade 13 g kg^{-1} (máximo) e metanol 150 mg kg^{-1} (máximo), sódio e matéria mineral podem variar de acordo com o processo produtivo e sendo os valores garantidos pelo fabricante.

1. Revisão de Literatura

1.1. Processos de produção de biodiesel e glicerina

Em 2012, as matérias primas utilizadas na produção de biodiesel no Brasil, foram 77,4% óleo de soja, 16,8% gordura animal, 4,3% óleo de algodão e 1,5% de outros materiais graxos que inclui óleo de palma, óleo de amendoim, óleo de nabo-forrageiro, óleo de girassol, óleo de mamona, óleo de sésamo e óleo de fritura (ANP, 2013).

Para a obtenção do biodiesel, podem ser realizados os seguintes processos de esterificação, transesterificação ou de craqueamento (SILVA e FREITAS, 2008). Na reação de esterificação, um ácido graxo reage com um mono-álcool de cadeia curta na presença de catalisador, formando mono-ésteres de ácidos graxos (SUAREZ, 2007).

No entanto, o processo de transesterificação é o mais utilizado para a produção de biodiesel; consiste na obtenção de uma mistura de ésteres alquílicos de ácidos graxos

e glicerol, a partir da reação de triglicerídeo com um álcool (LIMA et al., 2007). Neste processo, os óleos e gorduras, ricos em triglicerídeos, são submetidos a três etapas de reações consecutivas, formando di- e mono-acilglicerídeos como produtos intermediários e reversíveis (OLIVEIRA et al., 2008). As reações de transesterificação ocorrem na presença de catalisadores básicos, hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH) e alcóois, metílico ou etílico. Em seguida, há a separação de fases, uma leve e outra pesada. Da fase pesada, é recuperado o álcool da glicerina, e se realiza a desidratação do álcool obtendo a glicerina bruta. A glicerina bruta pode ser destilada, obtendo o resíduo glicérico e a glicerina destilada, enquanto que, na fase leve é recuperado o álcool dos ésteres, os ésteres são purificados, formando o biodiesel (PARENTE, 2003).

Na reação de craqueamento ou pirólise de óleos e gorduras, há a formação de uma mistura de compostos químicos, com propriedades muito semelhantes ao diesel de petróleo. O biodiesel é formado após a reação de ácido graxo na presença de temperaturas elevadas (acima de 350 °C), na ausência ou presença de catalisadores, como óxido de alumínio, óxidos de silício, óxidos de molibdênio, níquel suportado em alumina, zeólitas ácidas, ácido fosfórico suportado em sílica, alumina dopada com óxidos metálicos (estanho e zinco) e vários outros constituídos à base de sílica (AGEITEC, 2014).

A glicerina é um coproduto obtido em usinas durante o processo de produção do biodiesel, em geral caracterizada por produtos comerciais purificados que apresentem no mínimo 95% de glicerol. Esse composto orgânico apresenta-se líquido à temperatura ambiente, inodoro, com sabor adocicado e elevada densidade (IUPAC, 1997). A glicerina pode ser classificada em tipos conforme o grau de purificação e composição, em glicerina bruta, semipurificada e purificada (SÜDEKUM, 2008).

A glicerina bruta apresenta baixa pureza, pois há mistura de ácido graxo saponificado, álcool, água e catalisadores. As impurezas dependem do tipo de matéria-prima utilizada e da reação envolvida na produção. A composição da matéria seca da glicerina de baixa pureza apresenta 63,3% de glicerol, 26,7% metanol, 2,25% potássio, 1,05% fósforo, 0,71% extrato etéreo e 0,11% de sódio (SCHRÖDER e SÜDEKUM, 1999). É recomendado a hidrólise ou destilação desta glicerina para fins de comercialização, aumentando o grau de pureza próximo a 80%, removendo o excesso de água, recuperando o álcool e removendo os sais de catalisador (MENDES e VALDÉS, 2012).

E assim, a glicerina semipurificada pode apresentar de 80 a 91% de glicerol, menor concentração de sais e de ácido graxo. E a glicerina purificada, é classificada em glicerina farmacêutica (86% ou 99,5% de glicerol) ou glicerina técnica (99,5% de glicerol). A glicerina destinada ao consumo humano precisa apresentar de 95 a 99% de glicerol na sua composição (BRITO, 2008).

O glicerol, por sua vez, consiste em um componente químico puro, chamado de 1,2,3-propanotriol (MOTA, 2009); pertence à função álcool, formado por uma cadeia de três carbonos e três hidroxilas, responsáveis pela sua solubilidade, em água e álcool, e capacidade higroscópica, densidade de $1,261 \text{ g cm}^{-3}$ e ponto de ebulição de $290 \text{ }^\circ\text{C}$ (BEATRIZ et al., 2011). Para o glicerol puro, foi determinado o valor de 3.625 kcal de energia bruta por quilograma (DOZIER et al., 2008; LAMMERS et al., 2008).

1.2. Uso de aditivos em silagem

Com a finalidade de melhorar as condições ao processo fermentativo de forragens conservadas pela ensilagem ou inibir a atividade microbiológica indesejável, estudos são apresentados com implicações benéficas do uso de aditivos em silagens. Os tipos de aditivos podem ser definidos de acordo com a função que exercem ao serem aplicados, com ação nas etapas de fermentação da silagem ou ainda durante sua utilização. Também podem ser de natureza química ou microbiológica (Bravo-Martin et al., 2006).

De acordo com McDonald (1991), os aditivos de silagem utilizados para produção de altos níveis de ácido láctico e redução no valor de pH (3,8 a 4,2), podem ser: inculantes; enzimas; fonte de substrato, principalmente açúcares como melão, glicose, sacarose e dextrose; e inibidores, inibe o processo de fermentação e crescimento de microrganismo no silo como o ácido fórmico.

Em silagem de milho, dos aditivos microbiológicos mais utilizados no Brasil, é comum a inoculação com bactérias ácido láctica homofermentativa ou a associação delas com enzimas. Com isso, as silagens em geral apresentam menores concentrações de celulose, hemicelulose e fibra em detergente neutro, redução no valor de pH e aumento na concentração de proteína bruta (ZOPOLLATTO et al., 2009).

A aplicação de bactérias heterofermentativas como *Lactobacillus buchneri* tem demonstrado efeito positivo em aumentar a estabilidade aeróbia de silagem (MENDES et al., 2008). O *L. buchneri* produz maior quantidade de ácido propiônico e acético em

detrimento ao ácido láctico, promovendo a redução no crescimento de levedura (ÁVILA et al., 2009). Segundo Siqueira et al. (2010), foi observada redução na perda por gases em silagem de cana inoculada com *L. buchneri*, mesmo sendo este microrganismo produtor de dióxido de carbono, em função da maior produção de ácido acético e houve a inibição do desenvolvimento de leveduras que são produtoras de maior quantidade de gás e poderiam aumentar a perda por gases.

A ensilagem de forragem que apresente elevada produção de matéria seca, com alta concentração de carboidratos solúveis, bom valor nutritivo e, ainda, alta umidade, pode ser um material predisposto ao crescimento de microrganismos indesejáveis, com aumento na perda de nutrientes durante o processo fermentativo da ensilagem (REZENDE et al., 2011). O cloreto de sódio reduz a atividade de água nos alimentos, reduz a solubilidade do oxigênio e altera o valor de pH (REZENDE et al., 2011). No entanto, a aplicabilidade do cloreto de sódio em silagem é restringida, pois dependendo da quantidade utilizada pode limitar o consumo de alimento pelos animais.

Os aditivos alcalinizantes de meio, como a cal virgem, óxidos e carbonatos de cálcio são utilizados na cana-de-açúcar para melhor padrão de fermentação, poder tamponante do pH e aumentar a produção de ácidos orgânico fraco (AMARAL et al.; 2009). Também, são utilizados para elevar o pH, inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis, com finalidade de aumentar o tempo de estocagem e melhorar o valor nutritivo (DOMINGUES et al., 2011).

A adição de produto que interfira na dinâmica do processo fermentativo, com capacidade de inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis e para controlar a fermentação alcoólica, também tem sido estudada na ensilagem de cana-de-açúcar (REZENDE et al., 2011). Conforme exposto por Pedroso et al. (2011), a adição da conjunta de ureia e benzoato de sódio, em 5 e 0,5 gramas por quilo de matéria natural reduziu o etanol, aumentou a concentração de ácido láctico, o conteúdo energético e protéico; e houve decréscimo nos componentes fibrosos em silagem de cana-de-açúcar.

Na avaliação de silagem de grãos úmidos de milho, Jobim et al. (2008) observaram que a adição de 1% de ureia apresentou melhor estabilidade aeróbia que silagem de grãos úmidos de milho adicionadas de soja crua, de grãos de girassol ou apenas grãos úmidos de milho. A ureia, durante a fermentação em anaerobiose, na presença de enzima uréase, é transformada em amônia. Por sua vez, a amônia tem ação antimicrobiana e inibe o crescimento de fungos filamentosos e de leveduras, que

provocam a deterioração do material na presença de oxigênio (NEUMMAN et al., 2010).

Trabalhos relatam as implicações da inclusão no momento da ensilagem do material forrageiro de coprodutos provenientes de agroindústrias, frutas desidratadas e ingredientes utilizados na alimentação animal, com o objetivo de incrementar a composição química, reduzir a umidade e perda por efluente, ou ainda favorecer o processo fermentativo da silagem (MONTEIRO et al. 2011).

Dórea et al. (2013) avaliou a adição de 0, 5, 10,15 e 20% de jaca desidratada e 0, 7, 15 e 30% de raspas de mandioca na ensilagem de capim elefante, e notaram que a inclusão de jaca desidratada aumentou a degradação da fração potencialmente degradável da FDN. Quando adicionados jaca desidratada e raspas de mandioca, houve redução na fração indigestível da silagem de capim-elefante. Outro estudo utilizou farelo de arroz, casca de soja, fubá de milho e cana-de-açúcar picada na silagem de capim-elefante, e se observou que todos estes aditivos aumentaram a concentração de matéria seca e de carboidratos solúveis, além de promoverem adequada fermentação nas silagens de capim-elefante. O farelo de arroz permitiu o aumento na proteína bruta e nutrientes digestíveis totais em relação a silagem sem aditivo (MONTEIRO et al., 2011).

O valor nutritivo de silagem de capim elefante foi melhorado com a adição de subproduto de agroindústria de abacaxi. Conforme aumentou o nível de inclusão de subprodutos de abacaxi, que variou de 0 a 14%, houve o aumento no consumo de matéria seca e de proteína bruta em carneiros (FERREIRA et al. 2009). Ribeiro et al. (2009) notaram a redução na perda por efluente em silagem de capim-marandu com a adição de polpa cítrica e casca de soja. Ainda Faria et al. (2010), relataram que inclusão de cascas de café moída na silagem de capim-elefante propiciou redução na produção de efluentes.

Dias Júnior et al. (2010) realizaram estudo com adição de 10% de glicerina na matéria natural de cana-de-açúcar e observaram que a glicerina foi suficiente para aumentar as concentrações de matéria seca e densidade energética e apresentou redução na fibra em detergente neutro. Além disso, a estabilidade aeróbia da silagem com glicerina melhorou, com redução no valor de pH e nas perdas na ensilagem.

1.3. Perdas e estabilidade aeróbia de silagem de milho

A silagem de milho é um material susceptível a deterioração aeróbia, principalmente, devido à elevada concentração de nutrientes como o amido e os ácidos orgânicos, que são utilizados como substratos por microrganismos indesejáveis (SCHMIDT e KUNG, 2010). Sendo assim, desde a ensilagem, o processo de fermentação e armazenagem, e na utilização da silagem podem ocorrer perdas de nutrientes e redução da qualidade nutritiva da silagem.

As perdas provocadas por ação de microrganismos deterioradores geram redução na digestibilidade e no valor nutritivo, e reflete em baixo desempenho produtivo pelos animais. No processo de deterioração aeróbia, no momento de abertura e fornecimento da silagem aos animais, quando ocorre a penetração de ar no silo, pode influenciar negativamente na qualidade da silagem exposta ao ambiente em aerobiose (BERNARDES et al., 2007).

O mecanismo de deterioração aeróbia da silagem é provocado pelo crescimento de bactérias, fungos filamentosos e de leveduras na presença de oxigênio (AMARAL et al., 2008). Estes microrganismos consomem os ácidos orgânicos da silagem, há o acúmulo de amônia, o pH tende a aumentar e ocorre o aumento na temperatura. Estes parâmetros podem ser utilizados como indicadores da deterioração aeróbia em silagem (JOBIM et al., 2007).

Segundo Rezende et al. (2011), a ensilagem de forragem que apresente elevada produção de matéria seca, com alta concentração de carboidratos solúveis, bom valor nutritivo ou, ainda, alta umidade, pode ser um material predisposto ao crescimento de microrganismos indesejáveis, com aumento na perda de nutrientes durante o processo fermentativo da ensilagem.

Além do valor nutricional, a estabilidade aeróbia de silagem pode ser afetada por outros fatores, como por exemplo, a composição da silagem, a população de microrganismos, a intensidade de compactação e condições ambientais. A temperatura ambiente é importante e influencia o crescimento e no desenvolvimento de microrganismos (VALDUGA et al., 2009). Temperatura ambiente entre 20 e 30 °C são propícias ao desenvolvimento de leveduras e de fungos filamentosos em silagem.

Visando preservar o valor nutricional de forragem ensilada, por melhorar as condições ao processo fermentativo de forragens conservadas com a ensilagem ou inibir a atividade microbológica indesejável (BRAVO-MARTINS et al., 2006), estudos são apresentados com implicações benéficas do uso de aditivos em silagens.

O uso de inoculante tem sido aplicado com o objetivo de favorecer a fermentação em anaerobiose e a aumentar estabilidade aeróbia de silagem (NEUMMAN et al., 2010). Aditivos químicos, também, são utilizados para inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis, com finalidade de aumentar o tempo de estocagem e melhorar o valor nutritivo (DOMINGUES et al., 2011).

Entretanto, estudos relatam implicações benéficas da inclusão no momento da ensilagem do material forrageiro de produtos alternativos, subprodutos ou coprodutos provenientes de agroindústrias, frutas desidratadas e ingredientes utilizados na alimentação animal. Assim, há incremento na composição química, redução na umidade, minimização de perdas ou ainda favorecem o processo fermentativo de silagem (MONTEIRO et al. 2011).

1.4. Glicerol na alimentação de ruminantes

O glicerol tem por várias funções nas células de organismos vivos, principalmente por participar da composição dos triacilglicerídeos e fosfolípidos, atua na constituição da membrana celular, material de reserva de energia e precursor de moléculas de glicose. O transporte do glicerol através da membrana da célula é facilitado pela presença de canais permeáveis a molécula.

Quando o glicerol é consumido por animais ruminantes, 43% passa através do epitélio ruminal e é levado ao fígado, 44% é fermentado e 13% passa para o intestino. O glicerol levado até o fígado e convertido em glicerol-3-fosfato na presença de ATP pela enzima glicerol quinase, posteriormente, o glicerol-3-fosfato é transformado em gliceroldeído 3-fosfato e participa do processo de gliconeogênese (KREHBIEL, 2008).

Assim, o glicerol é uma das substâncias utilizadas com a função de aumentar a concentração de glicose, pode contribuir em processos de elevada mobilização de energia e de gordura, na terapia de casos de hipoglicemia, cetose, acidez metabólica e toxemia de prenhez de ovelhas (SANTOS et al., 2012).

O processo fermentativo no rúmen pode apresentar alterações com a inclusão de níveis crescentes de glicerol, modificando os microrganismos ou enzimas digestivas dependendo da dose de glicerol utilizada. Neste sentido, foi observado que o fornecimento de 100, 200 ou 300 g de glicerol por dia reduziu o valor de pH ruminal de 6,58 a 6,23 e aumentou a concentração de ácidos graxos voláteis (AGV) totais no rúmen, principalmente de propionato, de novilhos Simental (WANG et al., 2009).

Em avaliações de desempenho, o estudo de Mach et al (2013), avaliando o fornecimento de 0, 4, 8 e 12% da matéria seca do concentrado de glicerina, relataram que a glicerina pode ser incluída em até 12,1% sem alterar o consumo de matéria seca, o ganho médio diário, a qualidade de carcaça e carne. Em novilhas em terminação alimentadas com rações adicionadas de 0, 2, 4, 8, 12, ou 16% de glicerina bruta (base matéria seca), observou-se que com o aumento da quantidade de glicerina houve redução no consumo de MS, e em até 8% melhorou o ganho de peso corporal e a eficiência alimentar (PARSONS et al., 2013).

Em cordeiros, Gomes et al. (2011), utilizando doses de 0, 15 e 30% de glicerina, base MS de rações, com 60% de concentrado de 40% de feno de aveia, não observaram efeito no consumo de MS, no GMD, consumo de MS (% do peso corporal), peso médio final e na CA. A inclusão de 0, 3, 6, 9 e 12% de glicerina bruta, com 36,2% de glicerol e 46,5 de extrato etéreo, apresentou efeito quadrático no desempenho e peso de carcaça quente. Assim, a inclusão de até 3% de glicerina bruta pode ser utilizada sem alterar o desempenho e as características de carcaça de cordeiros em terminação (LAGE et al., 2014).

Referências Bibliográficas

- AGEITEC. *Craqueamento*. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fb123vmz02wx5eo0sawqe3wx8euqg.html>>. Acesso em: 24 jun. 2014.
- ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. *Anuário estatístico 2013*. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=66833#Se__o_4>. Acesso em: 23 set. 2013.
- AMARAL, R.C.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G. R.; REIS, R.A. Estabilidade aeróbia de silagens do capim-marandu submetidas a diferentes intensidades de compactação na ensilagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.37, n.6, p.977-983, 2008.
- AMARAL, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; NUSSIO, L.G.; FERREIRA, E.M.; GENTIL, R.S. Cana-de-açúcar in natura ou ensilada com e sem aditivos químicos: estabilidade aeróbia dos volumosos e das rações. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.38, n.10, p.1857-1864, 2009.
- ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; FIGUEIREDO, H.C.P.; MORAIS, A.R.; PEREIRA, O.G.; SCHWAN, R.F. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.38, n.5, p.779-787, 2009.
- BEATRIZ, A. ARAÚJO, Y.J.K.; LIMA, D.P. Glicerol: um breve histórico e aplicação em sínteses estereosseletivas. *Química Nova*, São Paulo, v.34, n.2, p.306-319, 2011.
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; AMARAL, R.C.; PIRES, A.J.V. Estabilidade aeróbia da ração total e de silagens de capim-marandu tratadas com aditivos químicos e bacterianos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.36, n.4, p.754-762, 2007.
- BRASIL. Resolução Nº 14, de 11 maio 2012. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, 11 maio 2012. Disponível em: <http://www.lex.com.br/legis_23365001_RESOLUCAO_N_14_DE_11_DE_MAIO_DE_2012.aspx>. Acesso em: 02 jul. 2014.
- BRASIL. Lei Nº 11.097, de 13 de Janeiro de 2005. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, 14 jan. 2005. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2005/lei-11097-13-janeiro-2005-535383-norma-pl.html>>. Acesso em: 02 jul. 2014.

- BRAVO-MARTINS, C.E.C.; CARNEIRO, H.; CASTRO-GÓMEZ, R.J.H.; FIGUEIREDO, H.C.P.; SCHWAN, R.F. Chemical and microbiological evaluation of ensiled sugar cane with different additives. *Brazilian Journal of Microbiology*, São Paulo, v.37, p.499-504, 2006.
- BRITO, C. *Glicerina/Glicerol - Perspectivas de uso na alimentação animal*. 2008. Disponível em: <<http://www.polinutri.com.br/upload/artigo/203.pdf>>. Acesso em: 27 Nov. 2013.
- DOMINGUES, F.N.; OLIVEIRA, M.D.S.; SIQUEIRA, G.R.; ROTH, A.P.T.P.; SANTOS, J., MOTA, D.A. Estabilidade aeróbia, pH e dinâmica de desenvolvimento de microrganismos da cana-de-açúcar in natura hidrolisada com cal virgem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.40, n.4, p.715-719, 2011.
- DÓREA, J.R.R.; OLIVEIRA, J.S.; SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M.; SILVA, T.C.; DANÉS, M.A.V.; FRANCO, A.L.C.; GOUVÊA, V.N.; MIZUBUTI, I.Y. Cinética de degradação ruminal de silagem de capim-elefante com diferentes níveis de jaca e raspa de mandioca. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 34, n. 5, p. 2437-2446, set./out. 2013.
- DOZIER, W.A.; KERR, B.J.; CORZO, A; KIDD, M.T., WEBER, T.E., BREGENDAHL, K. Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. *Poultry Science*, Champaign, v. 87, p. 317-322, 2008.
- GOMES, M.A.B.; MORAES, G.V.; MATAVELI, M.; MACEDO, F.D.F.; CARNEIRO, T.C.; ROSSI, R.M. Performance and carcass characteristics of lambs fed on diets supplemented with glycerin from biodiesel production. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.40, n.10, p.2211-2219, 2011.
- GONÇALVES, B. R. L.; PEREZ, L.; ÂNGELO, A. C. D. Glicerol: Uma inovadora fonte de energia proveniente da produção de biodiesel. In: *2nd International Workshop: Advances in Cleaner Production*. São Paulo, 6 p., 2009.
- HENN, J.D.; ZANIN, A. Agronegócio do biodiesel: potencialidades e limitações da utilização da glicerina (co-produto) na alimentação de suínos e de aves. In: *47^o Congresso Sober – Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural*. Porto Alegre, 14 p., 2009.
- IUPAC- International Union of Pure and Applied Chemistry. *Compendium of chemical terminology*, 2.ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1997. p. 1351.
- JOBIM, C.C.; LOMBARDI, L.; MACEDO, F.A.F.; BRANCO, A.F. Silagens de grãos de milho puro e com adição de grãos de soja, de girassol ou ureia. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v.43, n.5, p.649-656, maio 2008.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.36, p.101-119, 2007. Suplemento especial.
- KREHBIEL, C. R. Ruminant and physiological metabolism of glycerin. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 86, p. 392, 2008.
- LAGE, J.F.; PAULINO, P.V.R.; PEREIRA, L.G.R.; DUARTE, M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; OLIVEIRA, A.S.; SOUZA, N.K.P.; LIMA, J.C.M. Carcass characteristics of feedlot lambs fed crude glycerin contaminated with high concentrations of crude fat. *Meat Science*, Champaign, v.96, p.108–113, 2014.

- LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; HONEYMAN, M.S., STALDER, K.; DOZIER, W.A.; WEBER, T.E.; KIDD, M.T.; BREGENDAHL, K. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.87, n.1, p.104-107, 2008.
- LIMA, C.C.; MENDONÇA, E.S.; SILVA, I.R.; SILVA, L.H.M.; ROIG, A. Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, Campina Grande, v.13, n.3, p.334-340, 2009.
- LIMA, J.R.O.; SILVA, R.B.; SILVA, C.C.M.; SANTOS, L.S.S.; SANTOS JUNIOR, J.R. MOURA, E.M.; MOURA, C.V.R. Biodiesel de babaçu (*Orbignya* sp.) obtido por via etanólica. *Química Nova*, São Paulo, v.30, n.3, p.600-603, 2007.
- MACH, N.; BACH, A.; DEVANT, M. Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.87, p.632-638, 2009.
- MENDES, D.B.; VALDÉS S., J.C. Glicerina: uma abordagem sobre a produção e o tratamento. *Revista Liberato*, Novo Hamburgo, v. 13, n. 20, p. 59-67, 2012.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Anuário estatístico da agroenergia* / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. – Brasília: Mapa/ACS, 284 p., 2012.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Ministério da agricultura autoriza novo uso para a glicerina: objetivo é promover a caracterização e o controle de qualidade do biodiesel produzido e comercializado por usina e outras organizações*. Disponível em: <<http://www.cempeqc.iq.unesp.br/noticias3.html>>. Acesso em: 24 jun. 2014.
- MENDES, C.Q.; SUSIN, I.; NUSSIO, L.G.; PIRES, A.V.; RODRIGUES, G.H.; URAN, F.S. Efeito do *Lactobacillus buchneri* na fermentação, estabilidade aeróbia e no valor nutritivo de silagem de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.37, n.12, p.2191-2198, 2008.
- MONTEIRO, I.J.G.; ABREU, J.G.; CABRAL, L.S.; RIBEIRO, M.D.; REIS, R.H. P. Silagem de capim-elefante aditivada com produtos alternativos. *Acta Scientiarum. Animal Science*, Maringá, v. 33, n. 4, p. 347-352, 2011.
- MOTA, C.J.; SILVA, C.X.A.; GONÇALVEZ, V.L.C. Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da Glicerina de produção de biodiesel. *Química Nova*, São Paulo, v. 32, n. 3, p.639-648, 2009.
- MOTA, C.J.A.; PESTANA, C.F.M. Co-produtos da Produção de Biodiesel. *Revista Virtual de Química*, Niterói, v.3, n.5, p.416-425, 2011.
- NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M.R.; FARIA, M.V.; UENO, R.K.; REINERH, L.L.; DURMAN, T. Aditivos químicos utilizados em silagens. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, Guarapuava, v3, n2, p. 187-195, Mai.- Ago. 2010.
- OLIVEIRA, F.C.; SUAREZ, P.A.Z.; SANTO, W.L.P. Biodiesel: Possibilidades e Desafios. *Revista Química Nova na Escola*, São Paulo, n.28, maio, p.3-8, 2008.
- PARENTE, E. J. S. *Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado*. Fortaleza: Tecbio, 2003. 68p.

- PARSONS, G. L.; SHELOR, M. K.; DROUILLARD, J. S. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.87, p.653-657, 2009.
- PEDROSO, A.F.; RODRIGUES, A.A.; BARIONI, JÚNIOR, W.; BARBOSA, P.F.; SANTOS, F.A.P.; NUSSIO, L.G. Aditivos químicos e inoculante bacteriano na ensilagem de cana-de-açúcar: efeitos sobre a fermentação das silagens e o desempenho de garrotes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.40, n.6, p.1181-1187, 2011.
- PETROBRAS. *Biocombustível*. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/energia-e-tecnologia/fontes-de-energia/biocombustiveis/>>. Acesso em: 22 set. 2013.
- PIMENTEL, J.J.A.; LANA, R.P.; GRAÇA, D.S.; MATOS, L.L.; TEIXEIRA, R.M.A. Teores de proteína bruta no concentrado e níveis de suplementação para vacas leiteiras em pastagens de capim-braquiária cv. Marandu no período da seca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.40, n.2, p.418-425, 2011.
- REZENDE, A.V.; RABELO, C.H.S.; RABELO, F.H.S.; NOGUEIRA, D.A.; FARIA JUNIOR, D.C.N.A.; BARBOSA, L.A. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal virgem e cloreto de sódio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.40, n.4, p.739-746, 2011.
- RIBEIRO, J.L.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; QUEIROZ, O.C.M.; SANTOS, M.C.; SCHMIDT, P. Efeitos de absorventes de umidade e de aditivos químicos e microbianos sobre o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as perdas em silagens de capim-marandu. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.38, n.2, p.230-239, 2009.
- ROCHA, D.Q.; BARROS, D.K.; COSTA, E.J.C.; SOUZA, K.S.S.; PASSOS, R.R.; VEIGA JUNIOR, V.F.; CHAAR, J.S. Determinação da matéria-prima utilizada na produção do biodiesel adicionado ao diesel mineral através de monitoramento seletivo de íons. *Química Nova*, São Paulo, v. 31, n. 5, p. 1062-1066, 2008.
- SANTOS, R.A.; CAMPOS, A.G.S.S.; AFONSO, J.A.B.; SOARES, P.C.; MENDONÇA, C.L. Efeito da administração de propilenoglicol e cobalto associado à vitamina B 12 sobre o perfil metabólico e a atividade enzimática de ovelhas da raça Santa Inês no periparto. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, Rio de Janeiro, v.32, p.60-66, dez. 2012.
- SCHMIDT, R.J.; KUNG JUNIOR, L. The effects of *Lactobacillus buchneri* with or without a homolactic bacterium on the fermentation and aerobic stability of corn silages made at different locations. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.93, p.1616-1624, 2010.
- SCHRÖDER, A.; SÜDEKUM, K.-H. Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets for ruminants. In: *International Rapeseed Congress*, 10, 1999, Canberra. Gosford, Australia: Regional Institute, 1999. paper 241. Disponível em: <<http://www.regional.org.au/au/gc/irc/1/241.htm>>. Acesso em: 23 ago. 2011.
- SILVA, D.C.; ALVES, A.A.; OLIVEIRA, M.E.; MOREIRA FILHO, M.A.; RODRIGUES, M.M.; VALE, G.E.S.; NASCIMENTO, H.T.S. Consumo e digestibilidade de dietas contendo farelo de mamona destoxificado para ovinos em terminação. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v.12, n.1, p.96-106, 2011.

SILVA, P.R.F.; FREITAS, T.F.S. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, n.3, p.843-851, 2008.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; PIRES, A.J.V.; BERNARDES, T.F.; ROTH, M.T.P. Queima e aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.39, n.1, p.103-112, 2010.

SUAREZ, P.A.Z; MENEGHETTI, S.M.P. 70º Aniversário do biodiesel em 2007: evolução histórica e situação atual no Brasil. *Revista Química Nova*, São Paulo, v.30, n.8, p.2068-2071, 2007.

SÜDEKUM, K-H. *Co-products from biodiesel production*. In: Garnsworthy, P.C.; Wiseman, J. (Ed.). *Recent advances in animal nutrition*. Nottingham: Nottingham University Press, 2008.p. 210-219.

VALDUGA, E.; TATSCH, P.O.; TIGGEMANN, L.; TREICHEL, H.; TONIAZZO, G.; ZENI, J.; DI LUCCIO, M. Produção de carotenóides: microrganismos como fonte de pigmentos naturais. *Química Nova*, São Paulo, v.32, n.9, p.2429-2436, 2009.

WANG, C.; LIU, Q.; HUO, W.J.; YANG, W.Z.; DONG, K.H.; HUANG, Y.X.; GUO, G. Effects of glycerol on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. *Livestock Science*, v.121, p.15-20, 2009.

ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J.L.P.; NUSSIO, L.G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.38, p.170-189, 2009.

II – OBJETIVOS GERAIS

Este trabalho objetivou avaliar os efeitos da glicerina semipurificada como aditivo na ensilagem de milho na composição química, digestibilidade *in vitro* e *in vivo*, degradabilidade ruminal e estabilidade aeróbia de silagens. Avaliar os efeitos da inclusão de glicerina semipurificada adicionada à silagem de milho ou ao concentrado de ração no consumo e ganho de peso de cordeiros em terminação.

III– COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGEM DE MILHO ADICIONADA DE GLICERINA

Resumo

Objetivou-se avaliar o os efeitos da adição de glicerina em doses crescentes na composição química e na estabilidade aeróbia de silagem de milho. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com sete repetições em cinco tratamentos, sendo doses: 0, 5, 10, 15 e 20% de glicerina (base na matéria natural) adicionada na ensilagem de milho. Silagem de milho com glicerina foi embalada à vácuo (850 g) e selado com uso de embaladora modelo TeqMaq TM 280, abertos aos 120 dias. Foram avaliadas perdas totais de matéria seca na armazenagem e durante a estabilidade aeróbia, a composição química de silagens, e, estimados os nutrientes digestíveis totais (NDT), carboidratos totais (CHOT) e não fibrosos (CNF). Para a estabilidade aeróbia de silagem foram coletados dados no período de 0 a 192 horas, após abertura dos silos como valores de pH e temperatura, a cada 24 horas. Os resultados foram analisados por análise de regressão. Silagem de milho não adicionada de glicerina apresentou maiores perdas de MS (10,17%) durante a armazenagem. A menor concentração de MS (271,6 g kg⁻¹ MN), MM (37,4 g kg⁻¹ MS), CNF (188,6 g kg⁻¹ MS) e estimativa de NDT (638,8 g kg⁻¹ MS) foram determinadas na silagem de milho não adicionada de glicerina, com efeito quadrático ($p < 0,05$) nestas concentrações quando a glicerina foi adicionada à silagem. As silagens de milho adicionadas de 15 e 20% de glicerina apresentaram maior concentração de CHOT de 891,1 e 897,8 g kg⁻¹ MS, respectivamente. Silagens de milho com 10, 15 e 20% de glicerina apresentaram maior estabilidade aeróbia, a quebra da estabilidade ocorreu com 112 horas de exposição ao ar. E no período de 0-192 horas, as silagens com 15 e 20% de glicerina apresentaram menores perdas totais de matéria seca de 24,4 e 20,8%, respectivamente. Desse modo, a adição de glicerina acima de 10%, reduziu perdas de matéria seca a aumentou a estabilidade aeróbia da silagem de milho.

Palavras-chave: deterioração aeróbia, glicerol, pH da silagem, nutriente

Chemical composition and aerobic stability of corn silage with addition of glycerin

Abstract

This study was performed to evaluate the effects of doses of glycerin in the chemical composition and aerobic stability added to corn silage. The experimental design was completely randomized with seven replications and five doses of glycerin of 0, 5, 10, 15 and 20%, natural matter basis (GM). Corn silage with glycerin was packed in vacuum (850 g) and sealed using a packer TeqMaq TM 280 model, opening at 120 days. Total dry matter losses in storage and during aerobic stability of silage, the chemical composition, total digestible nutrients (TDN), total carbohydrates (TC) and non-fiber carbohydrates (NFC) were evaluated. For the aerobic stability of silage, date of pH and temperature were collected between 0-192 hours after opening the silos, in 24 hour intervals. The results were analyzed by variance and regression analysis, the means compared by Tukey's test ($p < 0.05$). The dry matter (271.6 g kg⁻¹ GM), MM (37.4 g kg⁻¹ DM), NFC (188.6 g kg⁻¹ DM) content and estimated TDN (638.8 g kg⁻¹ DM) were lower on corn silage with no added glycerin, with quadratic effect ($p < 0.05$) in these amounts when glycerin was added to the silage. Corn silage added 15 and 20% of glycerin showed higher contents TC of 891.1 and 897.8 g kg⁻¹ DM, respectively. The silages with 10, 15 and 20% of glycerin presented higher aerobic stability. The break in stability occurred with 112 hours of exposure to air. Also in the period of 0-192 hours, silage with 15 and 20% of glycerin had lower total dry matter losses of 24.4 and 20.8%, respectively. Thus, glycerin added above 10% decreased the losses of dry matter and increased aerobic stability of corn silage.

Key words: aerobic deterioration, glycerol, nutrient content, silage pH,

Introdução

A silagem de milho é amplamente utilizada como alimento volumoso na produção animal. Isto se deve, principalmente, pelas características da planta de milho (*Zea mays* L.) de apresentar alto valor nutritivo, boa produtividade, adaptabilidade de cultivo em diferentes regiões do país e épocas de plantio, e, ainda, pela alta ensilabilidade (CORDEIRO e CEQUINE, 2008).

Visando melhorar as condições do meio ao processo fermentativo de forragens conservadas pela ensilagem, estudos são apresentados com implicações benéficas do uso de aditivos químicos, microbianos e absorventes de umidade em silagens. Os aditivos atuam nas etapas de fermentação da silagem ou ainda durante a sua utilização em aerobiose, por estimular ou inibir os processos fermentativos, reduzir a umidade, inibir enzimas de plantas e contribuir positivamente na estabilidade aeróbia.

As perdas de matéria seca na estabilidade aeróbia são consequências do processo de deterioração da silagem, após a exposição ao ar. Portanto, inicia-se a atividade de microrganismos deterioradores, que consomem os nutrientes, há redução na digestibilidade e na palatabilidade, e, conseqüentemente, sucede diminuição no consumo silagem e menor desempenho de animais.

Em razão disso, visando melhorar o valor nutricional, substituir alimento em rações e/ou a redução nos custos de produção, tem sido crescente a inclusão de coprodutos provenientes de agroindústrias na alimentação animal (LIMA et al., 2009). Entre os coprodutos, destaca-se a glicerina obtida no processamento do biodiesel, a partir de óleos de culturas agrícolas, gordura animal e óleo de fritura (ANP, 2011).

A glicerina é um composto orgânico e apresenta-se líquido à temperatura ambiente, inodoro, com sabor adocicado e elevada densidade (IUPAC, 1997). A glicerina pode ser classificada em tipos, conforme o grau de purificação e composição, em glicerina bruta, semipurificada e purificada, com composição de no mínimo 63,3% de glicerol. O glicerol, componente químico puro (o 1,2,3-propanotriol), apresenta elevado valor energético.

Portanto, este trabalho objetivou avaliar os efeitos da adição de glicerina em doses crescentes de 0, 5, 10, 15 e 20% na composição química e na estabilidade aeróbia de silagem de milho.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), da Universidade Estadual de Maringá (UEM), localizada no Município de Maringá - PR, latitude 23 ° 25'S, longitude 51 ° 57'O e altitude 550 m.

O milho, híbrido Dekalb 789 (Dekalb), utilizado para a ensilagem, foi plantado em novembro de 2011, em sistema de plantio direto, com densidade de 60 mil plantas por hectare. No preparo da área foi feita distribuição de calcário (1,5 t ha⁻¹) e adubação com 370 kg ha⁻¹ da fórmula 8-20-10. No mês de dezembro, foi aplicada adubação de cobertura com 60 kg de N ha⁻¹, tendo como fonte a ureia.

A colheita das plantas para ensilagem, com 30,4% de matéria seca (metade da linha do leite), foi realizada em fevereiro de 2012, com uso de ensiladora marca JF92Z10, regulada para tamanho médio de partícula de 10 mm. O material picado foi pesado, colocado em lona plástica, adicionado de glicerina conforme previsto para cada tratamento, homogeneizado manualmente e ensilado. Como silos experimentais foram usados sacos plásticos (Nylon-poli 16 micras, 25 X 35 cm), próprios para embalagem à vácuo. Cada silo consistiu em massa de forragem de aproximadamente 850 g, embalado e selado com uso de embaladora Modelo TeqMq TM 280.

Os tratamentos foram constituídos de cinco doses: 0, 5, 10, 15 e 20%, base na matéria natural, de inclusão de glicerina no momento da ensilagem, com sete repetições, arranjados em delineamento inteiramente casualizado. A glicerina semipurificada foi obtida junto à usina de biodiesel BSBios Energia Renovável (Marialva, PR), analisada em laboratório próprio da BSBios, e a composição química apresentou 81,02% glicerol, 6,77% cinzas, 5,53% cloreto de sódio, 10,98% umidade, 1,23% matéria orgânica não glicerina, 0,66% de extrato etéreo, 120 ppm metanol e pH= 6,03.

Após um período de 120 dias de armazenagem, os silos foram pesados, abertos e as silagens avaliadas quanto à qualidade de fermentação com dados de temperatura da massa ensilada e pH. Também, amostras foram coletadas para a análise da composição química bromatológica.

As perdas totais de matéria seca durante o período de armazenagem foram calculadas pela diferença entre o peso bruto de MS inicial e final dos silos, em relação à quantidade de forragem ensilada (JOBIM et al., 2007). Para as análises dos componentes das silagens, foram coletadas amostras de cada silo, pré secadas em estufa

a 55 °C por 72 horas com ventilação forçada, moídas em moinho estacionário tipo “Willey” a 1 mm. No Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) - UEM, Maringá-Pr., foram realizadas as análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) segundo AOAC (1990). A fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas segundo Van Soest et al. (1991). Para o cálculo de carboidratos totais (CHOT), foi utilizada a equação segundo Sniffen et al. (1992), onde $CHOT = 1000 - (PB+EE+MM)$, enquanto para carboidratos não fibrosos (CNF), foi empregada a equação sugerida por Mertens (1997), sendo $CNF = 1000 - (PB+EE+FDN+MM)$. Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados segundo Paterson (2000), sendo $NDT = 889 - 0,779 \times FDA$.

Para avaliação da estabilidade aeróbia das silagens, porções de silagem de cada silo, foram homogeneizadas e acondicionadas em baldes plásticos, cobertos com tule, com três repetições. As silagens ficaram expostas ao ar em temperatura ambiente, e coletado os dados de temperatura média da silagem (TMS) e o valor do potencial hidrogeniônico (pH). A TMS foi medida com termômetro digital com sonda de penetração Gulterm 180® (Gulston, São Paulo), posicionado no centro geométrico da massa de cada balde. Também, foi registrada a temperatura ambiente durante a coleta dos valores de TMS e pH.

As coletas dos dados de TMS e pH foram realizadas no momento da homogeneização da silagem acondicionada nos baldes e a cada 24 h nos tempos: 0, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 e 192 horas. O pH foi medido a partir de extrato aquoso da silagem, utilizando pHmetro (Tec-3Mp, Tecnal, São Paulo), segundo Cherney e Cherney (2003). Para determinar as perdas totais durante a estabilidade aeróbia, foi realizada a pesagem dos baldes diariamente às 16 horas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão ou de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ($p=0,05$), utilizando o Programa SAEG versão 9.1 (2007).

Resultados e Discussão

As plantas de milho utilizadas para a produção das silagens apresentaram em média a composição de 304 g de matéria seca (MS), 67,8 g kg⁻¹ MS de proteína bruta, 32,7 g kg⁻¹ MS de matéria mineral, 629,3 g kg⁻¹ MS de fibra em detergente neutro, 282,8 g kg⁻¹ MS de fibra em detergente ácido e 18,1g kg⁻¹ MS de extrato etéreo.

Durante o período de armazenamento, as maiores perdas de MS (10,17%) foram observadas na silagem de milho não adicionada de glicerina (Figura 1).

As perdas totais de MS foram representadas pela equação de regressão com efeito linear, silagens adicionadas de 5, 10, 15 e 20% apresentaram redução, que variaram de 1,5 a 3,8 pontos percentuais de perdas totais de MS, em relação à não adição de glicerina à silagem. O valor de perda de MS na silagem de milho não adicionada de glicerina está de acordo com os valores de perdas de MS em silagem de milho, que podem variar de 0 a 10%, durante o processo de ensilagem, na fermentação e armazenagem, sendo provocada por respiração da planta, fermentação desejável e secundária e com menor concentração de MS (LANES e SILVEIRA NETA, 2008).

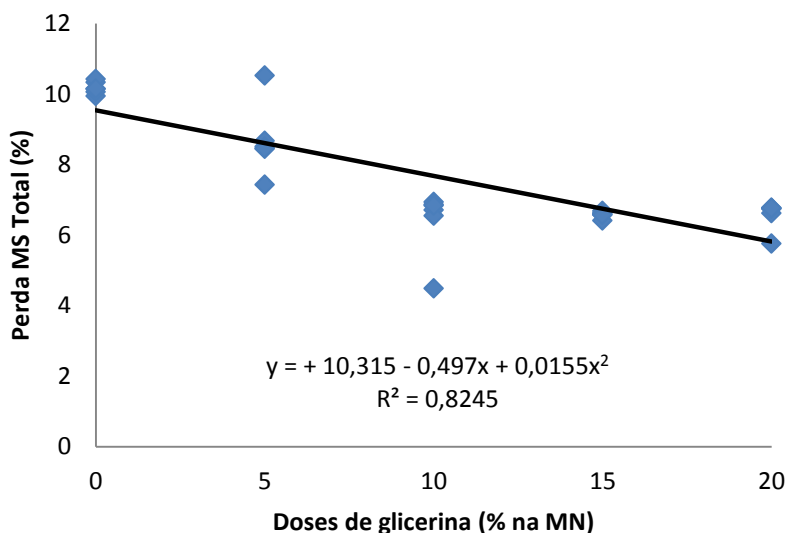


Figura 1 – Perdas totais de matéria seca no período de armazenagem (120 dias) de silagens de milho adicionada de glicerina em silos à vácuo.

Desse modo, os maiores valores de recuperação de MS foram observados nas silagens de milho adicionadas de glicerina. Este resultado pode ser devido à composição da glicerina semipurificada utilizada na ensilagem do milho, que apresentava elevada

concentração de MS de 89%, contribuindo positivamente na conservação da matéria seca de silagens, conforme a dose adicionada.

Este efeito foi evidenciado quantitativamente com os resultados de análise da composição química das silagens após a abertura aos 120 dias. As silagens adicionadas de glicerina apresentaram acréscimo na concentração de MS, os aumentos variaram de 9,9 a 33% nas silagens com 5 e 20% de glicerina, respectivamente, comparada à silagem de milho não adicionada de glicerina.

As doses de glicerina adicionadas na ensilagem de milho apresentaram efeito quadrático ($p < 0,05$) para os conteúdos de MS, MM, CNF e na estimativa de NDT (Tabela 1). A glicerina semipurificada apresentou concentração de MM ($67,7 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$) maior que a planta de milho picada utilizada na ensilagem ($32,7 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$). Portanto, a adição de glicerina na ensilagem aumentou linearmente ($p < 0,05$) as concentrações de MM em 11,2, 19,8, 25,7 e 28,9% nas silagens de milho adicionadas de 5, 10, 15 e 20% de glicerina, respectivamente.

O efeito nos CHOT foi representado linear e positivamente com a adição de glicerina à silagem. A adição de doses crescentes de glicerina alterou a composição química das silagens, incluindo o aumento ($p < 0,05$) nas concentrações de CHOT, CNF e NDT nas silagens adicionadas de glicerina. A silagem de milho com a dose de 20% apresentou maior concentração de NDT, com aumento em 12,24% em relação à silagem de milho sem glicerina. Visto que a glicerina, com 92% composta por glicerol (81,02%) e água (10,98%), não apresenta compostos fibrosos e com baixa concentração de EE (0,66%), ocorre aumento nas estimativas de carboidratos e na densidade energética das silagens com glicerina.

Por outro lado, a adição de doses crescentes reduziu ($p < 0,05$) linearmente as concentrações de EE, FDN e lignina em silagem de milho. A redução no EE foi devida à baixa concentração de EE, como também a baixa solubilidade da glicerina em solvente utilizado na extração do EE das silagens de milho.

Também, efeitos quadráticos foram observados com a adição de glicerina nas concentrações de PB e FDA. As concentrações de PB e de FDA foram reduzidas ($p < 0,05$) em 38,4 e 31%, respectivamente, na silagem adicionada de 20% de glicerina em relação à silagem de milho não adicionada de glicerina.

Tabela 1 – Concentrações de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro e ácido (FDN e FDA), lignina (Lig), carboidratos totais e não-fibrosos (CT e CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) para silagens de milho com doses crescentes de glicerina e as equações de regressão.

Variáveis	Dose de Glicerina (% MN)					Equação	R ²
	0	5	10	15	20		
MS (g kg ⁻¹ MN)	271,6	298,5	322,4	343,3	361,2	$y = 271,6 + 5,68x - 0,06x^2$	0,96
MM (g kg ⁻¹ MS)	37,4	41,6	44,8	47,0	48,2	$y = 37,44 + 0,94x - 0,02x^2$	0,95
PB (g kg ⁻¹ MS)	70,8	61,0	53,2	47,4	43,6	$y = 70,78 - 2,16x + 0,04x^2$	0,98
EE (g kg ⁻¹ MS)	21,8	19,2	16,6	14,0	11,4	$y = 21,77 - 0,52x$	0,98
FDN (g kg ⁻¹ MS)	664,6	622,3	579,9	537,6	495,2	$y = 664,6 - 8,47x$	0,85
FDA (g kg ⁻¹ MS)	321,1	286,5	258,3	236,7	221,5	$y = 321,1 - 7,58x + 0,13x^2$	0,97
Lig (g kg ⁻¹ MS)	33,2	30,4	27,5	24,7	21,8	$y = 33,24 - 0,57x$	0,82
CHOT (g kg ⁻¹ MS)	871,0	877,7	884,4	891,1	897,8	$y = 871,0 + 1,34x$	0,94
CNF (g kg ⁻¹ MS)	188,6	264,3	322,5	363,2	386,4	$y = 188,6 + 16,89x - 0,35x^2$	0,93
NDT (g kg ⁻¹ MS)	638,8	665,9	687,9	705,0	717,0	$y = 638,8 + 5,91x - 0,10x^2$	0,97

R² - Coeficiente de Determinação. NDT calculado com a equação $NDT = 889 - (0,779 \times FDA)$ Paterson, (2000). CHOT calculado utilizando a equação $CHOT = 1000 - (PB + EE + MM)$ (Sniffen et al., 1992). CNF calculado empregando a equação $CNF = 1000 - (PB + EE + FDN + MM)$ (Mertens, 1997).

A partir das equações de regressão, foi possível estimar a dose de 26% de glicerina na MN de milho como a quantidade ótima estimada por proporcionar redução nas perdas de matéria seca durante o período de armazenamento, maior concentração de matéria orgânica, elevação na concentração de NDT e de CNF de silagem.

A adição de glicerina na ensilagem de milho pode ser eficiente na redução de perdas no período de armazenagem e na preservação do valor nutricional. Visto que, a glicerina apresenta alta concentração de glicerol (81,02%), as moléculas de glicerol podem ser utilizadas como substrato fonte de carbono por bactéria ácido láctica responsável pelo processo de fermentação. Alguns gêneros de bactérias anaeróbias facultativas e obrigatórias são capazes de fermentar o glicerol e produzir 1,3 - propanodiol, etanol, 2,3-butanodiol, ácido acético e lático (SILVA et al., 2013).

Na avaliação da estabilidade aeróbia das silagens no período avaliado de 0 a 192 horas, foi observado que valores de pH e temperatura foram influenciados pela inclusão de glicerina na ensilagem de milho (Figura 2 e 3).

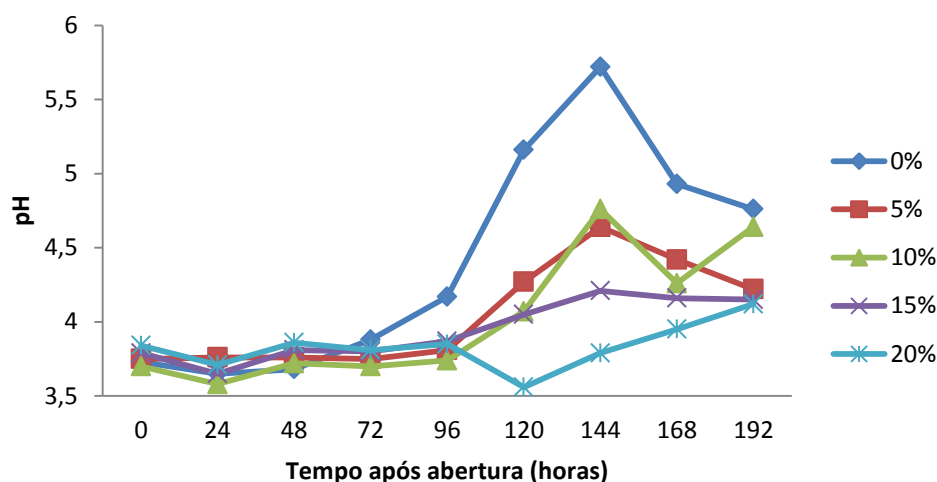


Figura 2 – Valores médios de pH de silagem de milho com adição de doses crescentes de glicerina (%) na estabilidade aeróbia por 192 horas após a abertura dos silos.

Na abertura dos silos, o pH (6,03) da glicerina adicionada na ensilagem do milho influenciou o pH inicial das silagens. Assim, as silagens adicionadas de 5, 15 e 20% de glicerina apresentaram os maiores valores de pH que variaram de 3,75 a 3,84. Durante o período de avaliação da estabilidade aeróbia, o valor médio de pH foi mais elevado ($p < 0,05$) nas silagens de milho sem adição (4,41) e com 5% de glicerina (4,04) (Figura

2), enquanto que, as silagens que receberam maiores doses de glicerina na ensilagem (10, 15 e 20% na MN), apresentaram menores valores médio de pH, sendo 4,02, 3,94, e 3,83, respectivamente, o que pode ser atribuído à maior disponibilidade de substrato para fermentação.

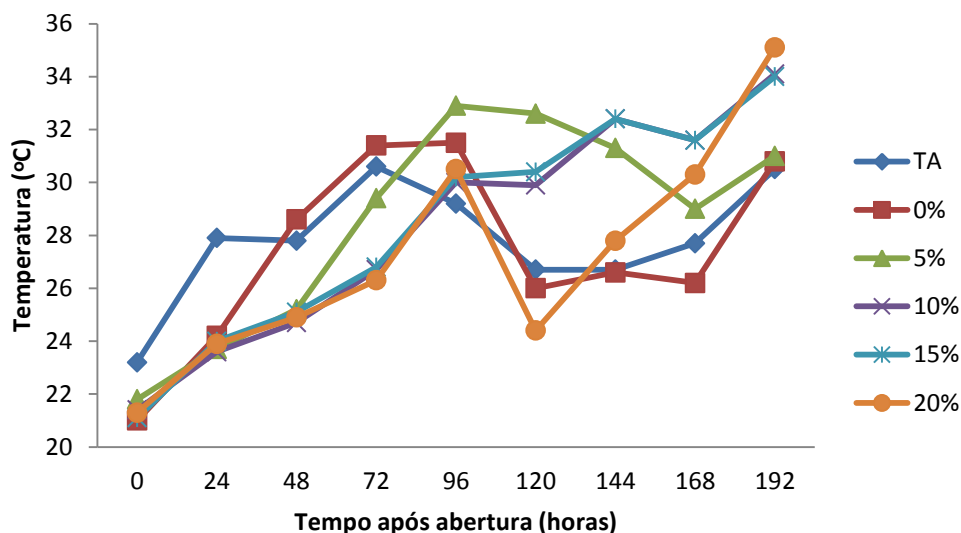


Figura 3 – Valores médios de temperatura ambiente (TA) e de silagem de milho com adição de doses crescentes de glicerina (% MN) na estabilidade aeróbia por 192 horas após a abertura dos silos.

Após 72 h de exposição ao ar, foi observada diferença nos valores de pH da silagem sem adição de glicerina (pH=3,88) e com adição de 10% (pH=3,70), não havendo diferença entre os demais tratamentos. A partir de então, a silagem de milho controle passou a apresentar maiores valores de pH em relação as todas silagens com a adição de doses de glicerina.

A diferença ($p < 0,05$) nos valores superiores de pH (72 h) e temperatura (88 h) ocorridos primariamente na silagem controle indicam maior crescimento de microrganismos e consumo de ácidos orgânicos responsáveis pelo início do processo de deterioração de silagem, em relação as silagens de milho com adição de glicerina.

É fato conhecido que as leveduras são os principais microrganismos que consomem o ácido lático e desencadeia o processo de deterioração da silagem em aerobiose (AMARAL et al, 2008). Avaliações, sobre o metabolismo celular de leveduras, constataram que a presença no meio de pequenas quantidades de glicerol ocorre o estímulo de enzimas sem inibir o crescimento de leveduras (GATTÁS e

PERES, 2006). No entanto, grande quantidade de glicerol pode atuar com efeito inibidor no desenvolvimento de leveduras, exigindo alterações metabólicas de adaptação ao meio saturado, necessitando de tempo maior para começar a sua utilização como fonte de carbono e no crescimento.

Não houve diferença nos valores médios de temperatura das silagens. As silagens que primeiro apresentaram a quebra da estabilidade aeróbia (88 h), considerado como aumento de 2 °C na temperatura da silagem em relação à temperatura ambiente, foram as silagens de milho não adicionada de glicerina e com a menor dose (5%) de glicerina. O aumento na temperatura é efeito da produção de dióxido de carbono por crescimento de microrganismos aeróbios e deterioradores da silagem, enquanto que as silagens de milho adicionadas de maior percentual de glicerina (10, 15 e 20% na MN), apresentaram quebra da estabilidade aeróbia (TQEA) com 112 h de exposição ao ar. Isso evidencia o efeito benéfico da glicerina no controle da atividade de microrganismos espoliadores (Tabela 2).

Tabela 2 - Estabilidade aeróbia (0 a 192 horas) de silagem de milho adicionada de doses crescentes de glicerina.

Variáveis	Dose de Glicerina (% MN)					CV(%)
	0	5	10	15	20	
pH inicial	3,73 ^b	3,75 ^{ab}	3,70 ^b	3,79 ^{ab}	3,84 ^a	0,88
pH final	4,76	4,22	4,64	4,13	4,16	6,22
TATM (°C)	96 ^b	96 ^b	192 ^a	192 ^a	192 ^a	0
TM (°C)	31,5	32,9	34,1	34,0	35,7	5,05
TQEA (horas)	88 ^b	88 ^b	112 ^a	112 ^a	112 ^a	0

Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). TATM – tempo para atingir a temperatura máxima; TM - temperatura máxima atingida nas silagens; TQEA – tempo para quebra da estabilidade aeróbia da silagem; PMS – perda de matéria seca; Temperatura média ambiente = 23,4 °C.

O glicerol é altamente assimilável por bactérias e leveduras como fonte de carbono (SOUZA et al., 2014). Apesar disso, devido à sua elevada capacidade higroscópica, a adição de grandes quantidades de glicerina (81,02% de glicerol) em alimentos pode reduzir a atividade de água a índices limítrofes de 0,8 para o crescimento de leveduras e de 0,7 para o crescimento de fungos filamentosos. Dessa

forma, possibilita a redução na atividade microbiológica, com diminuição no consumo de nutrientes e intensidade de deterioração das silagens. Esse comportamento foi evidenciado por alterações na massa de silagem, como o aumento da temperatura e dos valores de pH durante a avaliação da estabilidade aeróbia.

No período avaliado para a estabilidade aeróbia de 192 horas, as perdas totais foram maiores ($p < 0,05$) nas silagens sem adição de glicerina e com as menores doses de glicerina de 5 e 10% (Figura 4). A silagem de milho não adicionada de glicerina apresentou perdas 22,8% superior a perdas da silagem de milho com 20% de glicerina.

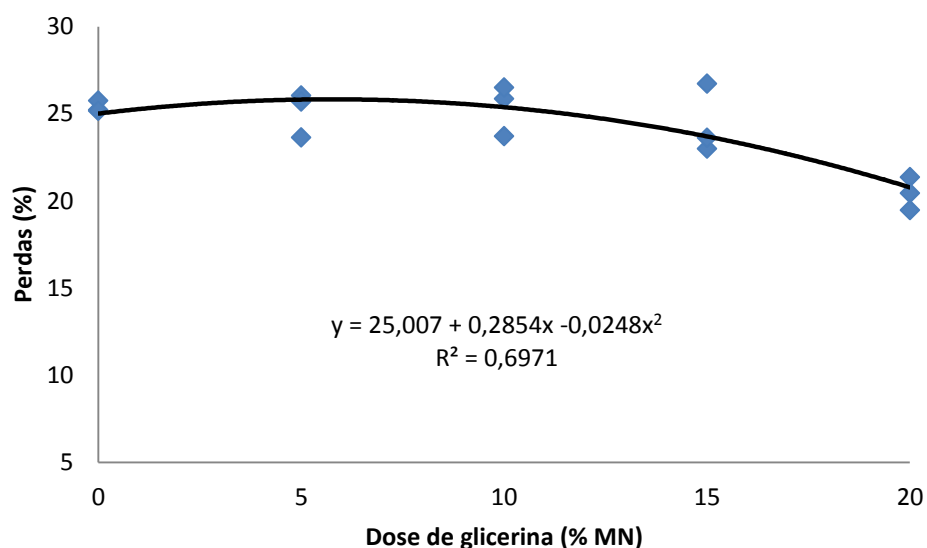


Figura 4 – Perdas totais de matéria seca no período de avaliação de estabilidade aeróbia (192 horas) de silagem de milho adicionada de doses crescentes de glicerina.

A partir destes dados, pode-se constatar que a adição de glicerina na ensilagem em dose de 10, 15 ou 20% na base da matéria natural de milho, aumentou a estabilidade aeróbia de silagem de milho quando comparada à silagem sem adição de glicerina e com adição de menor percentagem de 5% de glicerina na matéria natural.

Conclusões

A glicerina pode ser considerada um bom aditivo para a ensilagem de milho, pois reduz a fração fibrosa e aumenta a concentração de nutrientes digestíveis totais.

A ensilagem de milho com 10, 15 e 20% de glicerina (base na matéria natural) reduz as perdas totais de matéria seca e aumenta a estabilidade aeróbia da silagem.

Referências bibliográficas

AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 15.ed. Washington D.C. 1990. 1141 p.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. *Anuário estatístico 2011*. Disponível em: [http://www.anp.gov.br/?pg=56346#Se__o\)4](http://www.anp.gov.br/?pg=56346#Se__o)4). Acesso em: 28 jan. 2014.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Anuário estatístico da agroenergia 2012*/ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. – Brasília: Mapa/ACS, 284 p., 2012. Disponível em: < http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/anuario_agroenergia_web_2012.pdf >. Acesso em: 03 jul. 2014.

BERNARDES, T.F.; RÊGO, A.C.; CASAGRANDE, D.R.; LARA, M.A.S.; LIMA, L.M.; SILVA, N.C. Produção e uso de silagens em fazendas leiteiras em três mesorregiões do Estado de Minas Gerais. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, v.56, n.2, p.133-138, 2013.

CAVALCANT, K.S.B. *Produção de éteres de glicerina com aquecimento por microondas*. 2011, 121p.

CORDEIRO, L.A.M.; CEQUINE, L. Avaliação de cultivares de milho para produção de silagem em área comercial em Unaí-MG. *Revista Factu Ciência*, Unaí, n.15, p. 7-26, 2008.

CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing Silage Quality. In: Buxton *et al. Silage Science and Technology*. Madison, Wisconsin, USA. 2003. p.141-198.

DOZIER, W.A.; KERR, B.J.; CORZO, A; *et al.* Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. *Poultry Science*, Champaign, v. 87, p. 317-322, 2008.

GATTÁS, E.A.L.; PERES, M.F.S. Aspectos toxicológicos do bissulfito e outros agentes tóxicos sobre a síntese de glicerol-3-fosfato desidrogenase citoplasmática de levedura de panificação. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica Aplicada*, v. 27, n.2, p.145-150, 2006

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa v.36, p.101-119, 2007.

LANES, E.C.M.; SILVEIRA NETA, J.J. Como evitar perdas na ensilagem do milho. REDVET. *Revista Eletrônica de Veterinária*, v.IX, n.5, p. 1-12, 2008.

LIMA, C.C.; MENDONÇA, E.S.; SILVA, I.R.; SILVA, L.H.M.; ROIG, A. Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição

mineral. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, Campina Grande, v.13, n.3, p.334–340, 2009.

MERTENS, D. R. Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, n.80, p.1463–1481, 1997.

PATTERSON, T. et al. Evaluation of the 1996 beef cattle NRC model predictions of intake and gain for calves fed low or medium energy density diets. *Nebraska Beef Report MP 73-A*, p. 26–29, 2000.

ROCHA, D.Q.; BARROS, D.K.; COSTA, E.J.C.; *et al.* Determinação da matéria-prima utilizada na produção do biodiesel adicionado ao diesel mineral através de monitoramento seletivo de íons. *Química Nova*, Salvador, v. 31, n. 5, p. 1062-1066, 2008.

SAEG. *Sistema para Análises Estatísticas*, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SILVA, D.C.; ALVES, A.A.; OLIVEIRA, M.E.; MOREIRA FILHO, M.A.; RODRIGUES, M.M.; VALE, G.E.S.; NASCIMENTO, HTS. Consumo e digestibilidade de dietas contendo farelo de mamona destoxificado para ovinos em terminação. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v.12, n.1, p.96-106, 2011.

SILVA, G.P.; CONTIERO, J.; ÁVILA NETO, P.M.; LIMA, C.J.B. 1,3-propanodiol: produção, aplicações e potencial biotecnológico. *Química Nova*, São Paulo, v. XY, p.1-8, 2013.

SNIFFEN, C.J.; OCONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

SOUSA, J.R.; CORREIA, J.A.C.; MELO, V.M.M.; GONÇALVES, L.R.B.; CRUZ, A.J.G. Cinética e caracterização de ramnolipídeos produzidos por *pseudomonas aeruginosa* MSIC02 utilizando glicerol como fonte de carbono. *Química Nova*, São Paulo, v.37, n.3, p.431-441, 2014.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

IV- COMPOSIÇÃO QUÍMICA, DEGRADABILIDADE E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE MILHO ADICIONADA DE GLICERINA

Resumo

Objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão de glicerina semipurificada (0, 4 e 9% base na MN) na composição química, na digestibilidade *in vitro*, na degradabilidade ruminal e na estabilidade aeróbia de silagens de milho. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os tratamentos foram silagem de milho: sem adição de glicerina, com 4% e 9% de glicerina. Foi avaliada a composição química de silagens, estimados os nutrientes digestíveis totais (NDT), carboidratos totais (CHOT) e não fibrosos (CNF). A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi determinada em incubadora artificial TE-150 (Tecnal ®). Para a estabilidade aeróbia de silagem, foram coletados dados no período de 0 a 216 horas, após abertura dos silos como valores de pH e temperatura, com intervalo de 24 horas. A degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS) e o desaparecimento da fibra em detergente neutro (FDN) foram realizadas em amostras incubadas por tempos de 0, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas em três bovinos fistulados. Análises estatísticas foram realizadas por Inferência Bayesiana e análise de variância ($p < 0,05$). A adição de glicerina em 4 ou 9% na MN aumentou as concentrações de MS e NDT; quando adicionado 9% na MN houve redução na concentração de fibra em detergente ácido. Não foram observadas alterações nos valores de matéria mineral, proteína bruta, extrato etéreo, lignina, FDN, CHOT, CNF e DIVMS. Na degradação potencial da MS, ocorreu aumento na fração solúvel (*a*) e redução na fração potencialmente degradável (*b*). A degradabilidade efetiva (DE) da MS e da FDN foram maiores nas silagens com glicerina. Na estabilidade aeróbia, as silagens com glicerina apresentaram menores valores de pH e temperatura máxima. Assim, a adição de glicerina a silagem de milho possibilitou enriquecimento no valor nutricional, maior degradabilidade ruminal e melhorou a estabilidade aeróbia.

Palavras-chave: glicerol, deterioração aeróbia, desaparecimento da fibra em detergente neutro, pH da silagem

Chemical composition, degradability and aerobic stability in corn silage - added glycerin

Abstract

This study evaluated the effect of adding semi-purified glycerin to 0, 4 and 9%, based on natural matter (NM) in corn silage on chemical composition, in vitro digestibility, ruminal degradability and aerobic stability of corn silage. The experimental design was completely randomized and treatments were corn silage with no added glycerin, and 4% and 9% glycerin. The chemical composition of silages was analyzed including estimated total digestible nutrients (TDN), total carbohydrates (TC) and non-fiber carbohydrates (NFC). The in vitro digestibility of dry matter (IVDDM) was determined in an artificial incubator TE – 150 (Tecnal™). For aerobic stability, dates were collected between 0-216 hours after silo opening as pH and temperature, with an interval of 24 hours. The in situ degradability of dry matter (DM) and disappearance of neutral detergent fiber (NDF) was performed on samples incubated at 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72 and 96 hours in three fistulated cattle. Statistical analyses were performed by Bayesian Inference and analysis of variance ($p < 0.05$). The addition of glycerin in 4 or 9% in GM increased in DM and TDN; 9% when added in GM were reduced in acid detergent fiber content. There were no changes in amounts of mineral matter, crude protein, ether extract, lignin, NDF, TC, NFC and IVDDM. There was an increase in potential degradation in the soluble fraction (a) and reduction in the potentially degradable fraction (b). The effective degradability (ED) of DM and NDF were higher in silages with glycerin. In aerobic stability, silages with glycerin had lower pH and maximum temperature. Thus, the addition of glycerin corn silage allowed greater nutritional value, increased ruminal degradability and improved aerobic stability.

Key words: glycerol, aerobic deterioration, neutral detergent fiber disappearance, silage pH

Introdução

O alimento volumoso é considerado de qualidade quando apresenta valor nutricional, elevada digestibilidade e significativa produção animal. Assim, o milho (*Zea mays* L.) é muito utilizado como alimento volumoso conservado por ensilagem, pois, apresenta boa aceitabilidade pelos animais e as características da composição com carboidratos solúveis e baixa capacidade tampão, permite maior qualidade no processo fermentativo, resultando em silagem de alto valor nutritivo.

Contudo, com a finalidade de complementar ou substituir cereais na formulação de rações para atender os requerimentos nutricionais de animais, é crescente a inclusão de coprodutos de agroindústrias na alimentação animal (SILVA et al., 2011, BUMBIERIS JÚNIOR et al., 2014). Entre os coprodutos utilizados na alimentação animal, destacam-se aqueles que são obtidos durante o processamento do biodiesel. O biodiesel é um biocombustível formado a partir de óleos de culturas agrícolas (MAPA, 2012), além de outros materiais graxos, em menores volumes como a gordura animal e óleo de fritura (ANP, 2011).

Dos produtos formados no processamento do biodiesel, cerca de 10% é transformado no coproduto conhecido como glicerina (ANP, 2011). A glicerina semipurificada pode apresentar de 80 a 91% de glicerol, menor concentração de sais e de ácido graxo (BRITO, 2008). A composição da glicerina constituída por glicerol (1,2,3-propanotriol) confere a este coproduto características tais como: solubilidade em água e álcool, elevada densidade, alta capacidade higroscópica (BEATRIZ et al., 2011) e, além disso, apresenta alto valor energético, consistindo em coproduto com potencial na substituição de ingredientes energéticos como os grãos de milho em rações.

A inclusão de glicerina em rações animal pode contribuir positivamente para aumentar o valor nutricional de alimentos, seja este concentrado ou volumoso. Entretanto, avaliações sobre a utilização de coprodutos de agroindústrias na alimentação animal são importantes, pois requerem conhecimentos, não apenas das propriedades do coproduto em estudo, assim como, os efeitos práticos na conservação do alimento e seu valor nutritivo.

Desse modo, as avaliações sobre a qualidade de alimentos utilizados para compor rações de animais são relevantes em relação às informações da composição química e a disponibilidade dos nutrientes após serem consumidos pelo animal. No caso da silagem, suas características podem ser alteradas, no momento do fornecimento aos

animais, pela exposição ao ar. Isto ocorre, pois quando há o contato com o oxigênio, inicia-se o processo de deterioração devido à atividade de microrganismos espoliadores que consomem os nutrientes do material ensilado. Dentre as modificações, sucede a elevação no valor de pH, redução da digestibilidade e do conteúdo energético da silagem. Para se determinar a resistência do material ensilado à deterioração em aerobiose por microrganismos, medições de temperatura e do valor de pH podem ser utilizadas com eficiência na avaliação da estabilidade aeróbia de silagem (JOBIM et al., 2007).

Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar os efeitos da inclusão de glicerina semipurificada (0, 4 e 9%) na base de matéria natural de silagens de milho sobre a composição química, a digestibilidade *in vitro*, a degradabilidade ruminal e a estabilidade aeróbia de silagens.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi – FEI, da Universidade Estadual de Maringá (UEM), localizada no Município de Maringá, latitude 23 ° 25'S, longitude 51 ° 57'O e altitude 550 m.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os tratamentos constituídos de adição de glicerina semipurificada(G), na base de matéria natural (MN), sendo: silagem de milho sem adição de glicerina (0% G), silagem de milho com 4% de glicerina (4% G) e silagem de milho com 9% de glicerina (9% G).

As silagens foram produzidas utilizando-se o milho Dekalb 789 (Dekalb), plantado em Novembro de 2011, em sistema de plantio direto, com densidade de 60 mil plantas por hectare. No preparo da área, foi feita distribuição de calcário (1,5 t ha⁻¹) e adubação com 370 kg ha⁻¹ da fórmula 8-20-10. No mês de dezembro, foi aplicada adubação de cobertura com 60 kg de N ha⁻¹, tendo como fonte a ureia.

A colheita das plantas para ensilagem, com 30 a 35% de matéria seca (metade da linha do leite), foi realizada em fevereiro de 2012, com uso de ensiladora modelo JF 92Z10, regulada para tamanho médio de partícula de 10 mm. O material picado foi pesado, espalhado sobre uma lona, adicionado de glicerina com regadores, conforme cada tratamento (4% e 9% de G, com base na MN), homogeneizado com auxílio de garfo e ensilado em tambores com capacidade de 200 litros (oito tambores por

tratamento), compactados para massa específica de 600 kg m^3 , vedados com lona plástica de polietileno e borracha.

A glicerina semipurificada foi obtida junto à usina de biodiesel BSBios Energia Renovável (Marialva, PR), analisada em laboratório próprio da BSBios, e a composição química da glicerina utilizada apresentou 81,02% glicerol, 6,77% cinzas, 5,53% cloreto de sódio, 10,98% umidade, 1,23% matéria orgânica não glicerina, 0,66% de extrato etéreo, 120 ppm metanol e $\text{pH}=6,03$.

Após um período de armazenagem de 104 dias, os silos foram abertos. Para determinar a composição das silagens, as amostras foram pré secadas em estufa a 55°C por 72 horas com ventilação forçada, moídas em moinho estacionário tipo “Willey” a 2 mm e armazenadas. No Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) - UEM, Maringá-PR, foram realizadas as análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) segundo AOAC (1990). A fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas segundo Van Soest et al. (1991) e lignina (Lig), conforme metodologia da AOAC (1990). Para determinar a digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) foi utilizado 0,5 g de cada amostra colocados em sacos (F57 ANKON) previamente lavados em acetona e incubados a 39°C em incubadora *in vitro* TE-150 (Tecnal ®) conforme o procedimento descrito por Tilley e Terry (1963) com modificações por Holden (1999). O líquido ruminal para inóculo foi obtido de bovinos da raça Holandesa fistulados no rúmen e alimentado à base de silagem de milho. Para o cálculo de carboidratos totais (CHOT), foi utilizada a equação segundo Sniffen et al. (1992), onde $\text{CHOT} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM})$, enquanto para carboidratos não fibrosos (CNF) foi empregada a equação sugerida por Mertens (1997), sendo $\text{CNF} = 100 - (\text{PB} + \text{EE} + \text{FDN} + \text{MM})$. Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados segundo Paterson (2000), sendo $\text{NDT} = 889 - (0,779 \times \text{FDA})$.

Para avaliação da estabilidade aeróbia das silagens foi pesado aproximadamente 1,2 kg de silagem de cada tratamento, homogeneizada, acondicionada em baldes plásticos com capacidade para oito litros, com cinco repetições. Os baldes foram alocados em sala em temperatura ambiente, cobertos com tecido tipo tule e coletados os dados de temperatura das silagens (TMS) e o valor do potencial hidrogeniônico (pH). As coletas dos dados de TMS e pH foram realizadas a cada 24 h nos tempos: 0, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192 e 216 horas. O pH foi medido a partir de extrato aquoso da ração, utilizando pHmetro (Tec-3Mp, Tecnal, São Paulo), segundo Cherney e Cherney, (2003). A TMR foi medida com termômetro digital com sonda de penetração Gulterm

180® (Gulton, São Paulo), posicionado no centro geométrico da massa de cada balde. Também, foi registrada a temperatura ambiente durante a coleta dos valores de TMR e de pH.

Para avaliar o efeito da adição de glicerina sobre a composição nutricional das silagens, considerou-se um delineamento inteiramente casualizado, com oito repetições e procedeu-se a análise de variância e teste de média (Tukey) ($p=0,05$), com uso do SAEG (2007).

Para avaliar a degradabilidade ruminal da MS e a percentagem do desaparecimento da FDN, foram utilizados três bovinos, machos castrados, da raça Holandesa, com cânula ruminal e peso médio de 420 ± 30 kg. Os animais foram adaptados com silagem de milho e concentrado por 14 dias, em dieta que apresentava proporção de volumoso:concentrado de 70:30.

Na técnica *in situ* para estimar a degradabilidade ruminal da MS, das silagens e as taxas de degradação foram utilizados sacos de náilon medindo de 10 cm x 20 cm, com diâmetro de poros de 53 micra, conforme recomendado por Vanzant et al. (1998). Aproximadamente 6 g de amostras secas e moídas a 2 mm, foram colocadas em cada saco, fechando-os e atando-os com elástico de borracha e anel metálico. Na incubação, os sacos foram presos a uma barra cilíndrica de ferro inoxidável (600 g), suspensa por uma corrente de 60 cm presa a uma corda de náilon amarrada fora da fístula ruminal.

As amostras de silagens foram incubadas de forma a atingirem os tempos 0, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas, com duplicatas nos tempos de 48, 72 e 96 horas, sendo os sacos removidos simultaneamente. Após a remoção, os sacos foram colocados em água com gelo e lavados em água corrente por cerca de 10 minutos. As amostras do tempo zero foram colocadas a 39 °C por 60 minutos em água e depois lavados. Em seguida, os sacos foram secos em estufa, com ventilação de ar forçada, a 55°C por 72 horas, e posteriormente pesados para obter o peso do resíduo seco. O percentual da degradação de MS, em cada tempo, foi calculado pela proporção de alimento que permaneceu nos sacos após a incubação no rúmen. Os resíduos foram submetidos à análise, determinada a concentração de FDN (VAN SOEST et al., 1991) e calculadas as percentagens de desaparecimento da fibra em detergente neutro.

As análises estatísticas das variáveis foram realizadas por meio de Inferência Bayesiana descrita por Rossi (2011). Os dados de desaparecimento MS foram ajustados por regressão não-linear, que prediz a degradabilidade potencial ($y = DP$) dos alimentos por meio do modelo proposto por Mehrez e Ørskov (1977), da seguinte forma:

$$y_{ijk} = a_{ik} + b_{ik}(1 - e^{-c_{ik}t_j}), \quad i-$$

animal : 1, 2, ... , N; j-tempo : 1, 2, ... , J; k-tratamento : 1, 2, ... , K; **y** é a fração (%) do nutriente degradado após o tempo *t* (em horas); **a** é a fração (%) solúvel do material contido no saco de náilon (o intercepto da curva); **b** é a fração (%) potencialmente degradável do material contido no saco de náilon após o tempo zero; **c** é a taxa fracional (%) constante de degradação da fração potencialmente degradável; **t** é o tempo de incubação no rúmen, em horas.

Para estimar a degradabilidade efetiva (DE) foi usado o modelo de Ørskov e McDonald (1979):

$$DE = a + \frac{bc}{c + taxa},$$

em que *taxa* de passagem de sólidos no rúmen, possui valores fixados em 2, 5 e 8% (ARC, 1984) por hora. *I*, a fração de resíduo não degradável (%) pode ser calculada por $I = 100 - (a + b)$.

Os dados de desaparecimento da fibra em detergente neutro (FDN) foram ajustados por regressão não-linear, que prediz a fração do resíduo não degradado ($y = R$) dos alimentos por meio do modelo proposto inicialmente por Mertens e Loften (1980) e depois por Mertens (1993), da seguinte forma:

$$y_{ijk} = I_{ik} + b_{ik}(e^{-c_{ik}t_j}),$$

i-animal : 1, 2, ... , N; j-tempo : 1, 2, ... , J; k-tratamento : 1, 2, ... , K; **y** é a fração (%) do nutriente não degradado após o tempo *t* (em horas); **b** é a fração (%) potencialmente degradável do material contido no saco de náilon após o tempo zero; **c** é a taxa fracional (%) constante de degradação da fração potencialmente degradável; **I** é o fração (%) de resíduo indegradável (não solúvel) do material contido no saco de náilon; **t** é o tempo de incubação no rúmen, em horas.

Para estimar a degradabilidade efetiva (DE) foi usado o modelo de Waldo et al. (1972):

$$DE = \frac{B_p c}{c + taxa},$$

em que $B_p = \frac{B}{B + I} 100$ é a fração (%) potencialmente degradável padronizada.

A modelagem segue a sugestão de um procedimento Bayesiano (ROSSI et al., 2010; ROSSI, 2011), em que foi considerado que as observações seguem distribuição Normal, isto é, $y_i \sim N(f(t_i); \sigma_e^2)$, onde $f(t_i)$ é a função não-linear proposta em (1) e (3). Para os parâmetros a , b e I , foram consideradas *a priori* distribuições normais não-informativas, isto é: $a, I \sim N(0, 10^{-6})I_{(0,100)}$ e $b \sim N(0, 10^{-6})I_{(0, L_{sup})}$ (parametrização OpenBugs tal que a variância é inversa à precisão), com a restrição $L_{sup} = 100 - \bar{a}$ para garantir a geração de valores *a posteriori* tal que $a+b \leq 100$. Foi considerado no modelo para c , uma distribuição Gamma também não-informativa restrita no intervalo (0,1), isto é: $c \sim \text{Gama}(10^{-3}, 10^{-3})I_{(0,1)}$. Para σ_e^2 foi assumida uma distribuição Gama, isto é, $\sigma_e^2 \sim \text{Gama}(10^{-3}, 10^{-3})$. A obtenção das distribuições marginais *a posteriori* para os parâmetros, foi por meio do pacote *BRugs* do programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013).

Foram utilizadas como estimativas iniciais para os parâmetros a , b e c , estimativas frequentistas e, em seguida via um processo iterativo MCMC (*Monte Carlo Markov Chain*), foram gerados 1.000.000 valores em um processo, considerando um período de descarte amostral de 100.000 valores iniciais. Assim, a amostra final, obtida em saltos a cada 50 valores, contém 20.000 valores gerados. A convergência das cadeias foi verificada por meio do pacote *coda* do programa R, pelo critério e de Heidelberger e Welch (1983).

Para comparar os tratamentos, foram realizadas comparações múltiplas entre as distribuições *a posteriori* das médias dos parâmetros de interesse. Consideraram-se como diferentes, ao nível de 5% de significância, os tratamentos cujos intervalos de credibilidade para as diferenças médias não contemplam o valor zero.

Resultados e Discussão

As plantas de milho utilizadas para a produção das silagens apresentaram em média a composição de 304 g de matéria seca (MS), 67,8 g kg⁻¹ MS de proteína bruta, 32,7 g kg⁻¹ MS de matéria mineral, 629,3 g kg⁻¹ MS de fibra em detergente neutro, 282,8 g kg⁻¹ MS de fibra em detergente ácido e 18,1g kg⁻¹ MS de extrato etéreo.

As concentrações de matéria seca (MS), de fibra em detergente ácido (FDA) e de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram influenciados pela adição de glicerina a

silagem de milho (Tabela 1). As silagens de milho com glicerina apresentaram maior ($p < 0,05$) concentração de MS em relação à silagem controle.

Tabela 1 - Composição química e digestibilidade *in vitro* de matéria seca (DIVMS) de silagem de milho (SM) com ou sem glicerina (G).

Variáveis	Silagem de Milho			CV (%)
	SM (0%G)	SM (4%G)	SM (9%G)	
MS (g kg^{-1})	289,6 ^b	323,7 ^a	339,9 ^a	4,87
MM (g kg^{-1} MS)	34,3	33,6	40,4	13,65
PB (g kg^{-1} MS)	68,8	64,4	56,4	14,36
EE (g kg^{-1} MS)	21,6	21,0	20,1	10,12
FDN (g kg^{-1} MS)	610,9	566,4	530,5	10,70
FDA (g kg^{-1} MS)	300,5 ^a	285,9 ^a	244,1 ^b	6,39
Lig (g kg^{-1} MS)	35,9	33,0	29,8	17,67
CHOT (g kg^{-1} MS)	875,3	881,0	883,0	1,20
CNF (g kg^{-1} MS)	264,5	314,5	352,5	19,07
DIVMS (g kg^{-1} MS)	554,3	583,4	642,2	13,22
NDT (g kg^{-1} MS)	654,9 ^a	666,5 ^a	698,8 ^b	2,04

a, b, c Letras distintas, na linha, indicam diferenças significativas entre as médias dos tratamentos, pelo teste Tukey ($p < 0,05$). CHOT calculado utilizando a equação $\text{CHOT} = 1000 - (\text{PB} + \text{EE} + \text{MM})$ (Sniffen et al., 1992). CNF calculado empregando a equação $\text{CNF} = 1000 - (\text{PB} + \text{EE} + \text{FDN} + \text{MM})$ (Mertens, 1997). NDT calculado segundo equação $\text{NDT} = 889 - 0,779 \times \text{FDA}$ (Paterson (2000).

A adição de glicerina (4,0 e 9,0% da MN) na ensilagem de milho proporcionou aumentos de 11,7 e 17,4% na concentração de MS das silagens, respectivamente, em relação à silagem de milho sem glicerina. Isto está relacionado ao fato da glicerina apresentar elevada concentração de MS (89,02%), alta densidade e capacidade higroscópica (BEATRIZ et al., 2011). Assim, quando adicionada na ensilagem do milho, a concentração de MS pode ser aumentada em função da percentagem de glicerina adicionada.

No entanto, nos valores médios de concentrações de matéria mineral (MM) proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), lignina (Lig), carboidratos totais (CHOT) e de carboidratos não fibrosos (CNF), assim como na

digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) não foram observadas alterações ($p \geq 0,05$) em relação à adição de glicerina na ensilagem de milho.

A concentração de FDA foi menor ($p < 0,05$) na silagem de milho com 9% de glicerina ($244,1 \text{ g kg}^{-1}$ de MS). A glicerina é uma substância orgânica que não apresenta em sua constituição componente fibroso. Dessa forma, quando a glicerina foi adicionada ao milho possibilitou participação na composição da MS da silagem, reduzindo a concentração de FDA na base MS da silagem, por efeito de diluição.

As estimativas de NDT das silagens foram maiores ($p < 0,05$) em 5,3 e 14,6% nas silagens adicionadas de 4 e 9% de glicerina, respectivamente. A glicerina utilizada apresentou na composição química 81% de glicerol, responsável pelo incremento no valor energético das silagens, pois segundo Dozier et al. (2008) foi determinado o valor de 3.625 kcal de energia bruta por quilograma de glicerol puro.

As doses de glicerina utilizadas não alteraram as concentrações médias de PB, EE, FDN, lignina (Lig), CHOT e de CNF, assim como na DIVMS não foi observado alterações em relação à adição de glicerina a silagem de milho. No entanto, observa-se que os valores de DIVMS apresentaram acréscimo em 2,9 e 8,8 pontos percentuais nas silagens de milho adicionadas de 4 e 9% de glicerina, respectivamente. Isso pode ser correlacionada com o aumento no valor nutritivo da forragem proporcionada pela adição de glicerina, pois aumentou gradualmente a densidade energética e por efeito de diluição reduziu as concentrações de FDA quando comparada a silagem não adicionada de glicerina.

A adição de glicerina a silagem de milho influenciou ($p < 0,05$) as estimativas de degradabilidade potencial, nas frações **a**, **b** e **c**, e a degradabilidade efetiva (DE) da MS, conforme representados na Tabela 2.

Em relação aos potenciais de degradação da MS de silagem de milho adicionada ou não de glicerina, observou-se que a maior fração **a** foi estimada na silagem de milho adicionada de 9% de glicerina, seguida da silagem com 4% de glicerina. Esta estimativa indicou maior presença de MS prontamente degradável após a incubação no rúmen, evidenciado pelo acréscimo de NDT nas silagens adicionadas de glicerina. A silagem com 9% de glicerina apresentou reduzida fração **b** ($p < 0,05$), comparada a silagem de milho sem glicerina, não diferindo da silagem de milho com adição de 4% de glicerina, o que representa diminuição na fração de MS insolúvel, porém potencialmente degradável por período prolongado de incubação.

Tabela 2 - Estimativas Bayesianas (médias e desvios-padrão) para os parâmetros dos modelos degradabilidade potencial e efetiva da matéria seca (MS) com taxas de passagem de 2, 5 e 8% por hora da silagem de milho com adição de glicerina.

Parâmetros	Glicerina (% MN)		
	0	4	9
<i>a</i>	35,54 ^c (1,98)	39,18 ^b (1,76)	47,08 ^a (1,25)
<i>b</i>	52,76 ^a (7,87)	43,45 ^b (3,96)	42,80 ^b (3,99)
<i>c</i>	0,021 ^c (0,006)	0,029 ^a (0,006)	0,024 ^b (0,005)
<i>a+b</i>	88,30 ^a (8,45)	82,63 ^b (4,21)	89,87 ^a (4,34)
DE <i>k</i> =2%	61,65 ^c (1,08)	64,42 ^b (0,90)	70,01 ^a (0,66)
DE <i>k</i> =5%	50,60 ^c (1,10)	54,80 ^b (0,96)	60,69 ^a (0,68)
DE <i>k</i> =8%	46,14 ^c (1,19)	50,50 ^b (1,03)	56,76 ^a (0,73)
σ^2_e	26,37 (8,39)	19,49 (6,33)	9,85 (3,14)

^{a, b, c} Letras distintas, na coluna, indicam diferenças significativas entre as médias dos tratamentos, por meio de comparações Bayesianas, em nível de 95% de credibilidade. *a*= porção prontamente degradável no rúmen; *b*= fração insolúvel, mas potencialmente degradável; *c*= taxa constante de degradabilidade da fração b/h. DE= degradabilidade efetiva da matéria seca. *k*= é a taxa de passagem de sólidos no rúmen cujo valor foi fixado em 2, 5 e 8% por hora (ARC, 1984). σ^2_e = desvio-padrão do erro.

A fração *a* da silagem sem adição de glicerina (35,54%) foi inferior ao observado por Pires et al. (2010) de 38,5% para silagem de milho não aditivada. Neste mesmo trabalho, os autores determinaram valores inferiores para a fração *b* (46,6%) da degradabilidade potencial da MS. Entretanto, estas diversificações nos valores de fração solúvel e potencialmente degradável podem estar associadas às diferenças observadas na composição química das silagens incubadas e avaliadas, principalmente em relação a concentração de MS das silagens. Por outro lado, Martins et al. (2008) constataram

menor fração **a** (29,23%) e fração **b** (52,24%) semelhante a estimada para a silagem de milho sem adição de glicerina; e, ainda, maior DE (63,32%) considerando a taxa de passagem de 2% por hora em silagem de milho com 32,27% de MS.

A silagem de milho adicionada com 4% de glicerina apresentou estimativa da taxa constante de degradação da fração **b** (**c**) maior ($p < 0,05$) em 38,1 e 20,8% que as silagens de milho sem glicerina e com 9% de glicerina, respectivamente. A adição de glicerina contribuiu para aumentar a concentração de MS potencialmente degradável, com menor proporção de fração indigestível no rúmen, isto devido a sua capacidade de solubilidade no ambiente ruminal. De acordo com Krehbiel et al. (2008) o glicerol é rapidamente fermentado no rúmen a propionato. Do mesmo modo, nota-se que a adição de glicerina a silagem de milho, proporcionou maiores estimativas de potenciais de degradabilidade da MS.

Houve aumento ($p < 0,05$) na soma das frações **a** e **b**, em 6,9 e 8,8 pontos percentuais, na silagem sem glicerina e com adição de 9% de glicerina, respectivamente, quando comparada a silagem de milho adicionada de 4% de glicerina. A estimativa da degradabilidade efetiva da MS mostrou-se superior ($p < 0,05$) na silagem de milho com 9% de glicerina, para as taxas de passagem de 2, 5 e 8% por hora. A Figura 1 demonstra que a maior degradabilidade da MS foi observada a partir de 40 h de incubação, para ambas as silagens adicionadas ou não de glicerina na ensilagem.

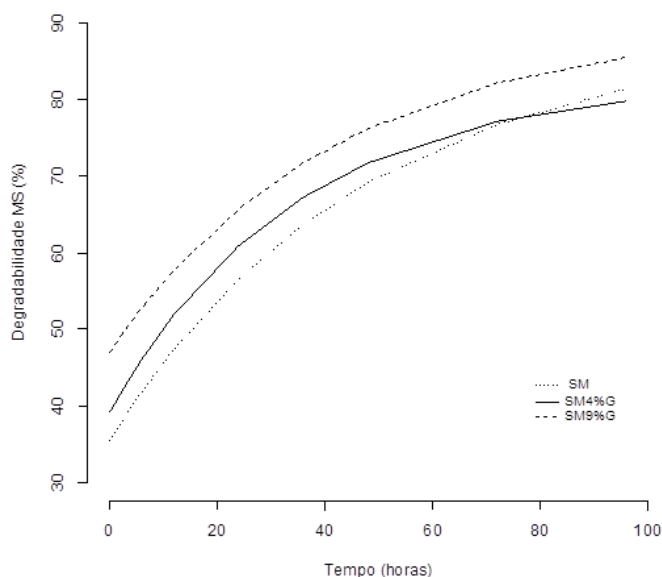


Figura 1 - Comparação entre as curvas de degradabilidade total de Matéria Seca ajustadas, respectivamente, para os tratamentos SM, SM4%G e SM9%G.

As estimativas das frações de degradabilidade potencial, material potencialmente degradável (*b*), taxa fracional constante de degradação da fração *b* (*c*) e resíduo indegradável (*I*), e degradabilidade efetiva (DE) da FDN com taxas de passagem no rúmen igual a 2, 5 e 8% por hora, apresentaram diferenças ($p < 0,05$) nas silagens em relação do efeito da adição de glicerina e a dose de glicerina utilizada (Tabela 3).

Tabela 3 - Estimativas Bayesianas (médias e desvios-padrão) para os parâmetros dos modelos degradabilidade potencial e efetiva da fibra em detergente neutro (FDN), com taxas de passagem de 2, 5 e 8% por hora da silagem de milho com adição de glicerina.

Parâmetros	Glicerina (% MN)		
	0	4	9
<i>b</i> (%)	51,19 ^a (5,16)	43,29 ^b (3,52)	42,47 ^b (3,03)
<i>c</i> (%/h)	0,022 ^b (0,005)	0,029 ^a (0,006)	0,024 ^b (0,004)
<i>I</i> (%)	13,41 ^b (5,46)	17,53 ^a (3,70)	10,50 ^b (3,27)
DE (2%)	40,52 ^c (2,00)	41,47 ^b (1,95)	43,32 ^a (1,51)
DE (5%)	23,57 ^b (1,95)	25,66 ^a (2,02)	25,75 ^a (1,59)
DE (8%)	16,64 ^b (1,67)	18,60 ^a (1,80)	18,34 ^a (1,40)
σ_e^2	26,00 (8,15)	19,42 (6,13)	9,78 (3,07)

^{a, b, c} Letras distintas, na coluna, indicam diferenças significativas entre as médias dos tratamentos, por meio de comparações Bayesianas, em nível de 95% de credibilidade. *b*= fração insolúvel, mas potencialmente degradável; *c*= taxa constante de degradabilidade da fração *b*/h; *I* = fração resíduo indegradável do material. DE= degradabilidade efetiva da matéria seca. *k*= é a taxa de passagem de sólidos no rúmen cujo valor foi fixado em 2, 5 e 8% por hora (ARC, 1984). σ_e^2 = desvio-padrão do erro.

A silagem de milho sem glicerina teve maior ($p < 0,05$) estimativa da fração potencialmente degradável da FDN, sendo em média 19,4% superior às silagens que foram adicionadas de glicerina. A adição de glicerina possibilitou menor representatividade de fração fibrosa nas silagens, como pode ser observado pela

concentração de FDA. Embora sem diferença estatística, a concentração de FDN foi reduzida em 7,9 e 15,2% com a adição de 4 e 9% de glicerina na ensilagem, visto que na composição da glicerina não há presença de componentes fibrosos.

A adição de 4% de glicerina resultou em estimativa das frações constante de degradação potencialmente degradável (fração *c*) e o resíduo indegradável (*I*) maiores ($p < 0,05$) em relação a silagem de milho não adicionada de glicerina ou com 9% de glicerina.

A degradabilidade efetiva (DE) da FDN foi maior ($p < 0,05$) para a silagem de milho com adição de 9% de glicerina. Entretanto, a DE com taxa 5 e 8% por hora de taxa de passagem foram maiores para a silagem de milho com adição de glicerina. Nota-se que a adição de glicerina, em 4 ou 9% na MN, possibilitou o aumento na DE tanto da MS como da FDN em relação a silagem não adicionada de glicerina semipurificada.

A DE da FDN (40,52%) na silagem de milho sem adição de glicerina, com 2% de taxa de passagem, foi semelhante ao valor estimado por Martins et al. (2008) que observaram 39,74% de DE da FDN. Porém, os valores estimados da DE da FDN de 23,57 e 16,64% na silagem de milho sem glicerina para taxas de passagem de 5% e 8% foram inferiores as observadas por Jobim et al. (2011), que constataram 28,84 e 22,05% na silagem de milho, avaliado para as mesmas taxas de passagem.

Na avaliação da estabilidade aeróbia das silagens (de 0 a 216 horas), foi observado que os valores de pH e de temperatura foram influenciados pela inclusão de glicerina na ensilagem de milho (Tabela 4). O valor médio de pH foi maior ($p < 0,05$) na silagem de milho sem a adição de glicerina. A adição de glicerina na silagem de milho (4 e 9%) permitiu a manutenção dos valores de pH mais baixo, com valores de 4,23 e 4,12, respectivamente. De modo similar a este estudo, foi observado que a adição de 10% de glicerina na matéria natural de cana reduziu o valor de pH e as perdas na ensilagem, além de ser favorável ao crescimento de microrganismos provenientes de inoculante (Dias Júnior et al., 2010).

Tabela 4 - Estabilidade aeróbia (0 a 216 horas) de silagens de milho (SM) sem ou com adição de glicerina (G).

Variável	SM (0%G)	SM (4%G)	SM (9%G)	CV (%)
Média de pH	5,63 ^a	4,23 ^b	4,12 ^b	21,08
TMS (°C)	15,6	14,8	15,5	32,10
TM (°C)	29,1 ^a	20,9 ^c	23,6 ^b	5,30
TATM (hora)	72	120	120	0,0
TQEA (hora)	72	120	120	0,0

Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). pH - potencial Hidrogeniônico; TMS - temperatura média das silagens; TM - temperatura máxima atingida nas silagens; TATM – tempo para atingir a temperatura máxima; TQEA – tempo para quebra da estabilidade aeróbia da silagem; Temperatura média ambiente = 13,4 °C.

A temperatura máxima atingida (TM) nas silagens foi menor ($p < 0,05$) nas silagens que receberam a adição de glicerina, quando comparada àquela sem glicerina.

Não houve diferença significativa nos valores médios de temperatura das silagens. A silagem que primeiro apresentou a quebra da estabilidade aeróbia, 2 °C acima da temperatura ambiente, foi a silagem de milho não adicionada de glicerina, após as 72 h de exposição das silagens ao ar. Enquanto que as silagens de milho adicionadas de 4 e 9% de glicerina na MN, apresentaram quebra da estabilidade aeróbia (TQEA) com 120 h de exposição ao ar.

Conclusões

A glicerina semipurificada é um bom aditivo a ensilagem de milho, pois melhora a composição química e aumenta a estabilidade aeróbia das silagens.

A adição de 4 e 9% de glicerina na ensilagem do milho aumentou a degradabilidade efetiva ruminal da matéria seca e da fibra em detergente neutro.

Referências bibliográficas

AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 15. ed. Washington D.C. 1990. 1141 p.

ARC. *The nutrient requirements of ruminant livestock*. Suppl. 1. Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1984. 45p.

BEATRIZ, A. ARAÚJO, Y.J.K.; LIMA, D.P. Glicerol: um breve histórico e aplicação em sínteses estereosseletivas. *Química Nova*, São Paulo, v.34, n.2, p.306-319, 2011.

BRASIL. ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. *Anuário estatístico 2011*. Disponível em: [http://www.anp.gov.br/?pg=56346#Se__o\)4](http://www.anp.gov.br/?pg=56346#Se__o)4). Acesso em: 28 de jan. 2014.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. *Anuário estatístico da agroenergia 2012*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. – Brasília: Mapa/ACS, 284 p., 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/anuario_agroenergia_web_2012.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2014.

BRITO, C. *Glicerina/Glicerol - Perspectivas de uso na alimentação animal*. 2008. Disponível em:<<http://www.polinutri.com.br/upload/artigo/203.pdf>>. Acesso em: 27 Nov. 2013.

BUMBIERIS JÚNIOR, V.H.; MASSARO JÚNIOR, F.L.; BANDEIRA, D.F.; CASTRO, F.A.B.; BARBOSA, M.A.A.F.; JOBIM, C.C. Potencial de subprodutos da agroindústria para ensilagem. In: V SIMPÓSIO: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2014 Maringá, *Anais...* Maringá: Nova Sthampa, 2014. p. 211-242.

CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing Silage Quality. In: Buxton *et al.* *Silage Science and Technology*. Madison, Wisconsin, USA. 2003. p.141-198.

DIAS JÚNIOR, G.S.; LOPES, N.M.; PESSOA JÚNIOR, G.; SALVATI, G.G.S.; CARVALHO, B.F.; ÁVILA, C.L.S.; SCHWAN, R.F.; PEREIRA, R.A.N.; PEREIRA, M.N. Perfil fermentativo, composição e perda de matéria seca de silagem de cana-de-açúcar inoculada com bactérias e contendo glicerina. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47. 2010. Salvador, *Anais...* Salvador: UFBA, 2010.

DOZIER, W.A.; KERR, B.J.; CORZO, A; BREGENDAHL, K. Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. *Poultry Science*, Champaign, v. 87, p. 317-322, 2008.

HEIDELBERGER, P.; WELCH, P. Simulation run length control in the presence of an initial transient. *Operation Research*, Maryland, v. 31, p. 1109-44, 1983.

- HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.82, n.8, p.1791-1794, 1999.
- JOBIM, C.C.; NÚSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHIMID, T.P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa v.36, p.101-119, 2007.
- JOBIM, C.C.; FERREIRA, G.A.; BUMBIERIS JUNIOR, V.H.; CALIXTO JUNIOR, M.; SANTOS, G.T. Cinética de degradação ruminal dos fenos de alfafa e Tifton-85 e da silagem de milho. *Semina*, Londrina, v. 32, n. 2, p. 747-758, abr/jun. 2011.
- KREHBIEL, C. R. Ruminal and physiological metabolism of glycerin. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 86, p. 392, 2008.
- MARTINS, A.S.; VIEIRA, P.F.; BERCHIELLI, T.T.; PRADO, I.N. Degradação ruminal da silagem de milho e da palha de arroz utilizando enzimas fibrolíticas exógenas. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v. 30, n. 4, p. 435-442, 2008.
- MERTENS, D. R.; LOFTEN, J. R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. *Journal Dairy Science*, v.63, p.1437-46, 1980.
- MERTENS, D. R. Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, n. 80, p. 1463–1481, 1997.
- MERTENS, D. R. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J. M.; FRANCE, J. (Ed.). Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. Cambridge: *Commonwealth Agricultural Bureaux*, Cambridge University Press., 1993. cap. 2, p.13-51.
- MEHREZ, A.Z., ØRSKOV, E.R. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility feeds in the rumen. *Journal of agricultural Science*, Obregon, v.88, n.3, p.645-50, 1977.
- ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, Obregon, v. 92, n.1, p 499-503, 1979.
- PIRES, A.J.V.; REIS, R.A.; CARVALHO, G.G.P.; SIQUEIRA, G.R.; BERNARDES, T.F. RUGGIERI, A.C.; ROTH, M.T.P. Degradabilidade ruminal da matéria seca, da proteína bruta e da fração fibrosa de silagens de milho, de sorgo e de *Brachiaria brizantha*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v.62, n.392 2, p.391-400, 2010.
- R Development Core Team (2013). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 02 jul. 2014.
- ROSSI, R. M. *Introdução aos métodos Bayesianos na análise de dados zootécnicos com uso do WinBUGS e R*. Eduem, 2011. 191p.

ROSSI, R. M.; GUEDES, T. A.; MARTINS, E. N.; JOBIM, C. C. Bayesian analysis for comparison of nonlinear regression model parameters: an application to ruminal degradability data. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.39, n.2, p.419-24, 2010.

SAEG. *Sistema para Análises Estatísticas*, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SILVA, D.C.; ALVES, A.A.; OLIVEIRA, M.E.; MOREIRA FILHO, M.A.; RODRIGUES, M.M.; VALE, G.E.S.; NASCIMENTO, H.T.S. Consumo e digestibilidade de dietas contendo farelo de mamona destoxificado para ovinos em terminação. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v.12, n.1, p.96-106, 2011.

SNIFFEN, C.J.; OCONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. FOX, D.G, RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

TILLEY, J.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique of the in vivo digestion of forage crops. *Journal British of Grassland Society*, v.18, n.2, p.104-111, 1963.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model of cellulose disappearance from the rumen. *Journal Dairy Science*, Champaign, v.55, p.125-9, 1972.

VAN SOEST, P.J. *Nutrition ecology of the ruminants*. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994, 473 p.

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

V - TERMINAÇÃO DE CORDEIROS COM RAÇÕES ADICIONADAS DE GLICERINA NA ENSILAGEM DE MILHO OU AO CONCENTRADO

Resumo

Objetivou avaliar o efeito da glicerina semipurificada na ração de cordeiros em terminação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e sete repetições. Foram fornecidos 4,4 e 8,8% de glicerina com base na matéria seca (MS) da ração de cordeiros, adicionada na ensilagem de milho ou ao concentrado. Vinte e oito cordeiros Dorper x Santa Inês, machos inteiros ($20 \pm 1,8$ kg PC) foram avaliados para consumo de matéria seca (CMS), ganho médio diário (GMD), peso corporal ao abate (PCA), peso carcaça quente (PCQ) e fria (PCF) e os respectivos rendimentos. Foi determinada a composição química e estimados os nutrientes digestíveis totais (NDT) da silagem de milho adicionada ou não de glicerina. Foram estimados o coeficiente de digestibilidade aparente da MS, proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e fibra em detergente neutro (FDN), a partir de coleta de fezes e determinação da matéria seca indigestível (MSi). A adição de glicerina aumentou as concentrações de MS de $289,6 \text{ g kg}^{-1}$ MS para $323,7$ e $339,9 \text{ g kg}^{-1}$ MS, e de NDT de $547,0 \text{ g kg}^{-1}$ MS para $576,1$ e $626,9 \text{ g kg}^{-1}$ MS nas silagens de milho. Na avaliação dos coeficientes de digestibilidade, a glicerina adicionada ao concentrado resultou em maior digestibilidade da MS (78,85 e 82,56%), PB (70,19 e 79,07%) e EE (77,49 e 83,15%) das rações. Houve, em média, aumento de 7,4% no CMS e de 10,5% no consumo de FDN pelos cordeiros quando a glicerina foi adicionada no concentrado. Também o GMD (200 e 210 g) foi maior, com adição de 4,4 e 8,8% de glicerina no concentrado, respectivamente. Não houve efeito da dose de glicerina e forma adicionada a ração (silagem ou concentrado) no peso corporal ao abate, pesos de carcaça quente e fria e nos rendimentos de carcaça. A glicerina adicionada no concentrado proporcionou maior consumo de matéria seca e ganho médio diário de cordeiros em terminação.

Palavras-chave: glicerol, digestibilidade, ganho de peso, ovino

Finishing of lambs fed diets containing glycerin added the ensiling of corn or concentrate

Abstract

This study was performed to evaluate the effect of semi-purified glycerin in the ration of finishing lambs. The experimental design was completely randomized, with four treatment and seven replicates. Percentages of 4.4 and 8.8% glycerin on dry matter (DM) in diet of lambs, was added to ensilage of corn or concentrate. Twenty-eight lambs, Dorper x Santa Ines lambs, males (20 ± 1.8 kg BW) were evaluated for dry matter intake (DMI), average daily gain (ADG), body weight at slaughter (BWS), hot carcass weight (HCW) and cold carcass weight (CCW) and yields. Chemical composition of silage was analyzed and estimated in total digestible nutrients (TDN). The apparent digestibility coefficient of DM, crude protein (CP) and neutral detergent fiber (NDF) were estimated from feces collected and determination of indigestible dry matter. The addition of glycerin increased the DM concentration of 289.6 g kg⁻¹ DM to 323.7 and 339.9 g kg⁻¹ DM; and the TDN of 547.0 g kg⁻¹ DM to 576.1 and 626.9 g kg⁻¹ DM in silage corn. In assessing the digestibility coefficients, glycerin added to concentrate resulted in higher DM digestibility (78.85 and 82.56%), CP (70.19 and 79.07%) and EE (77.49 and 83.15%) of rations. There was, on average, a 7.4% increase in IDM and 10.5% in NDF intake by lambs when glycerin was added to the concentrate. Also, ADG (200 and 210 g) was higher with the addition of 4.4 and 8.8% glycerin in concentrate, respectively. There was no effect on dose and form of glycerin added to ration (silage or concentrate) on body weight at slaughter, weights of hot and cold carcass and their yield. The glycerin added to the concentrate provided greater dry matter intake and average daily gain of finishing lambs.

Key words: glycerol, digestibility, aerobic stability, weight gain, ovine

Introdução

O rebanho ovino brasileiro foi representado com cerca de 16,7 milhões de cabeças no ano de 2012 e o consumo de carne ovina estimado em 0,7 kg per capita ao ano (IBGE, 2012). Para aumentar a eficiência do sistema de produção ovina, de modo geral, os produtores se baseiam na aquisição de alimentos concentrados de baixo custo e na redução dos custos de produção de cordeiros.

O desempenho animal é a resposta a vários fatores envolvidos durante a produção, destacando-se o consumo de alimento, respectivo valor nutritivo e eficiência na conversão. Assim, entre os ingredientes de rações para atender às exigências nutricionais de animais, os coprodutos agroindustriais são muito utilizados na formulação de concentrados proteicos e energéticos (SILVA et al., 2011).

A glicerina é um coproduto obtido em usinas durante o processo de produção do biodiesel. Este composto orgânico apresenta-se líquido a temperatura ambiente, inodoro, com sabor adocicado e elevada densidade (IUPAC, 1997), e composição com no mínimo 63,3% de glicerol. O glicerol, componente químico puro (o 1,2,3-propanotriol), apresenta valor médio de 3.625 kcal de energia bruta por quilograma (DOZIER et al., 2008; LAMMERS et al., 2008).

Como ingrediente de rações para animais ruminantes, os efeitos da glicerina têm sido avaliados em pesquisas, com respostas positivas como substância gliconeogênica fornecendo energia e prevenindo a cetose (SCHRÖDER & SÜDEKUM, 1999), e na terminação de cordeiros, a inclusão de glicerina na dieta resultou em melhor composição de ácidos graxos na carne (TERRÉ et al., 2011).

Lage et al. (2010) relataram o efeito de redução no consumo de matéria seca e no ganho de peso de cordeiros em terminação recebendo dietas com níveis crescentes de glicerina (0 a 12% na MS). No entanto, este resultado pode estar associado a variáveis relacionadas à composição da ração, como aumento na concentração de extrato etéreo da glicerina e não estritamente as quantidades de glicerina utilizadas.

Aos cordeiros terminados em confinamento é comum o fornecimento de alimento volumoso conservado na forma de silagem, devido à logística da propriedade e a boa aceitabilidade pelos ovinos. Ao atender os requerimentos nutricionais para manutenção e produção, a silagem é fornecida associada a uma suplementação com

alimento concentrado (PIMENTEL et al., 2011). Quando a silagem é de boa qualidade, com alto valor nutritivo, favorece o consumo e conseqüentemente melhora o desempenho animal.

Na produção de silagem, podem ser adicionados resíduos ou coprodutos agroindustriais como aditivos no processo de ensilagem. Esses ingredientes, por apresentarem composição enriquecida de alguns nutrientes, podem melhorar o valor nutricional, aumentar a concentração de matéria seca, com benefícios no consumo e na digestibilidade de silagens.

Desse modo, este trabalho objetivou avaliar o valor nutritivo de rações adicionadas de glicerina semipurificada, como componente da silagem de milho ou do concentrado, avaliado em cordeiros em terminação.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), da Universidade Estadual de Maringá (UEM), localizada no Município de Maringá, latitude 23 ° 25'S, longitude 51 ° 57'O e altitude 550 m.

Avaliou-se a inclusão de glicerina semipurificada na alimentação de cordeiros em terminação com base na matéria seca (MS) da ração, em delineamento inteiramente casualizado, com sete repetições em quatro tratamentos: silagem de milho com 4,4% glicerina + concentrado, silagem de milho com 8,8% glicerina + concentrado, silagem de milho + concentrado com 4,4% glicerina e silagem de milho + concentrado com 8,8% glicerina (Tabela 1).

As rações isoprotéicas com 16% de PB, para ganho médio diário (GMD) de 250 g (NRC, 2007) e proporcionando 70% de NDT. Como volumosos utilizou-se silagem de milho adicionada ou não de glicerina na ensilagem do milho, para isso, foram elaboradas silagens adicionadas de glicerina (G), sendo: silagem de milho (SM) sem adição de glicerina (SMG0%); silagem de milho com 4% de glicerina (SMG4%) e silagem de milho com 9% de glicerina (SMG9%), valores com base na matéria natural (MN) da silagem.

Tabela 1 - Composição de rações com inclusão de glicerina (G) (% na MS) na silagem de milho (SM) ou no concentrado (C) utilizado na alimentação de cordeiros.

Ingrediente (g kg ⁻¹ de MS)	Inclusão de glicerina (g kg ⁻¹ de MS)			
	SMG4,4% + C	SMG8,8% + C	SM + C(4,4%G)	SM + C(8,8%G)
Silagem milho	506	462	506	462
Milho grão	243,8	243,8	235,8	227,5
Farelo de soja	69,7	69,7	77,7	85,8
Farelo de trigo	100	100	100	100
Glicerina	44	88	44	88
Carbonato de cálcio	5,5	5,5	5,5	5,7
Suplemento mineral ¹	10	10	10	10
Cloreto de amônio	5	5	5	5
Ureia	16	16	16	16
Matéria Seca	418,0	439,3	443,6	458,4
Proteína bruta	161,2	160,5	160,1	161,5
FDN	483,7	417,7	490,3	477,7
Extrato Etéreo	23,0	22,0	22,7	22,1
NDT	700	717	714	713
Cálcio	5,6	5,6	5,5	5,5
Fósforo	4,0	4,0	4,0	3,8

¹ Níveis de garantia do suplemento mineral por quilo: cálcio (Máx) 136 g, fosforo (Mín) 70 g, enxofre 15 g, magnésio 7 g, sódio 160 g, manganês 1.800 mg, cobalto 70 mg, iodo 70 mg, cobre 500 mg, selênio 12 mg, zinco 5.000 mg, flúor (Máx) 700 mg. NDT = 889 - 0,779 x FDA (Paterson, 2000).

O milho, híbrido Dekalb 789 (Dekalb), utilizado para a ensilagem, foi plantado em novembro de 2011, em sistema de plantio direto, com densidade de 60 mil plantas por hectare. No preparo da área foi feita distribuição de calcário (1,5 t ha⁻¹) e adubação com 370 kg ha⁻¹ da fórmula 8-20-10. No mês de dezembro foi aplicada adubação de cobertura com 60 kg de N ha⁻¹, tendo como fonte a ureia.

A colheita das plantas para ensilagem, com 30,4% de matéria seca, foi realizada em fevereiro de 2012, com uso de ensiladora marca JF92Z10, regulada para tamanho médio de partícula de 10 mm. O material picado foi pesado, espalhado sobre uma lona, adicionado de glicerina com regador conforme o tratamento, homogeneizada com

auxílio de garfo e ensiladas em tambores com capacidade de 200 litros (oito tambores para cada tratamento), compactados para atingir 600 kg m^{-3} , e vedados com lona plástica de polietileno e borracha.

Nos tratamentos com silagem sem adição de glicerina, a porção correspondente de glicerina na MS da ração foi adicionada ao concentrado, antes do fornecimento aos animais, homogeneizado manualmente em tambor plástico, conforme apresentado na Tabela 1. O concentrado foi formulado com farelo de soja, farelo de trigo, milho grão, suplemento mineral (Ovinofort Sal®), carbonato de cálcio, cloreto de amônio e ureia.

A glicerina semipurificada foi obtida junto a usina de biodiesel BSBios Energia Renovável (Marialva, PR), analisada em laboratório próprio da BSBios, a composição química da glicerina utilizada apresentou composição de 81,02% glicerol, 6,77% cinzas, 5,53% cloreto de sódio, 10,98% umidade, 1,23% matéria orgânica não glicerina, 0,66% extrato etéreo, 120 ppm metanol e $\text{pH} = 6,03$.

Para a avaliação de desempenho animal foram utilizados 28 cordeiros Dorper x Santa Inês, machos inteiros, com quatro e cinco meses de idade e peso médio de $20 \pm 1,8 \text{ kg}$. Os animais foram pesados, vacinados contra Clostridiose, vermifugados (Ripercol®, Fort-Dodge Saúde Animal Ltda, Campinas, SP); e alojados em baias individuais, com piso ripado, suspensas, cobertas, recebendo água em bebedouro a vontade durante todo o período experimental.

O período experimental foi de 14 dias de adaptação e 68 dias de fornecimento de ração e coleta de dados, divididos em quatro períodos, com três períodos de 15 dias e o quarto e último período de 23 dias. Os animais foram pesados no início do experimento e a cada 15 dias, também pesagens intermediárias foram realizadas próximo ao período de abate dos animais.

Na alimentação dos cordeiros a silagem foi fornecida junto ao concentrado, realizada duas vezes ao dia, às 8 horas e às 16 horas, sendo oferecido em média 3,5% do PC, proporcionando sobra diária média de 10% MS fornecida. A ração fornecida e as sobras eram pesadas diariamente e ajustadas conforme o peso médio dos animais. Foram coletadas amostras semanais das rações fornecidas, congeladas em freezer e formadas quatro amostras compostas, uma para cada período de avaliação.

Nos animais foi avaliado o consumo de matéria seca (CMS), o ganho médio diário (GMD), consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) e consumo de proteína bruta (CPB), expressos em kg kg^{-1} de peso corporal (PC), a conversão alimentar (CA),

peso corporal ao abate (PCA), pesos de carcaça quente (CQ) e fria (CF), rendimentos de carcaça quente (RCQ) e fria (RCF).

Na terceira semana do experimento, amostras de fezes foram coletadas diretamente da ampola retal dos animais, durante seis dias, às 8, 10, 12, 14, 16, 18 horas (h). Durante este período, amostras de ração e de sobras foram coletadas diariamente, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas. Para análises da composição química, foram formadas amostras composta por animal de ração, sobras e fezes. A partir das concentrações de matéria seca indigestível (MSi) (LIPPKE et al., 1986) como indicador interno, obtidas após incubação ruminal de rações, sobras e fezes por 240 h, a produção de MS fecal foi estimada por divisão do consumo do indicador por sua concentração nas fezes. Foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente (CD) da MS, PB, EE e FDN das rações.

Após a avaliação de ganho de peso, os animais foram submetidos a jejum de sólidos por 16 horas, pesados, insensibilizados com choque elétrico (220 Volts por oito segundos) e abatidos em abatedouro da FEI-UEM, sob Serviço de Inspeção Federal (SIF). Os animais foram abatidos com peso corporal médio de 33,7 kg. Após a sangria, esfolagem, evisceração, retirada da cabeça e pés, as carcaças foram pesadas para obtenção do peso de carcaça quente, armazenada em câmara fria, com ar forçado, a temperatura de 4°C até completar 24 horas *post mortem*. Após este período, a carcaça fria foi novamente pesada.

A carcaça foi avaliada quanto ao rendimento a quente e a frio, sendo o cálculo realizado conforme as equações: $RCQ (\%) = (PCQ/PCA) \times 100$ e $RCF (\%) = (PCF/PCA) \times 100$, onde RCQ = rendimento de carcaça quente, PCQ = peso carcaça quente (kg) e PCA = peso corporal ao abate (kg) e RCF = rendimento de carcaça fria, segundo Voltolini et al., (2011).

Para as análises dos componentes das rações, sobras e fezes, as amostras foram pré secada em estufa a 55 °C por 72 horas com ventilação forçada, moídas em moinho estacionário tipo “Willey” a 1 mm. No Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) - UEM, Maringá-Pr, foram realizadas as análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) segundo AOAC (1990). A fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas segundo Van Soest et al, (1991). A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi determinada com 0,5 g de amostra colocada em sacos (F57 ANKON) previamente lavados em acetona e incubados a 39° C em incubadora *in vitro* TE-150 (Tecnal ®)

conforme o procedimento descrito por Tilley e Terry (1963) com modificações por Holden (1999). O líquido ruminal para inoculo foi obtido de bois da raça Holandesa fistulados no rúmen e alimentado a base de silagem de milho. Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados segundo Paterson (2000) onde $NDT = 889 - 0,779 \times FDA$.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ($p=0,05$), utilizando o Programa SAEG versão 9.1 (2007).

Resultados e Discussão

As concentrações de matéria seca (MS), de fibra em detergente ácido (FDA) e de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram influenciadas pela adição de glicerina a silagem de milho (Tabela 2). As silagens de milho com glicerina apresentaram maior ($p<0,05$) concentração de MS. A adição de glicerina em 4,4 e 8,8% da matéria natural (MN) na silagem de milho proporcionou aumentos de 11,8 e 17,4% na concentração de MS das silagens, respectivamente, em relação à silagem sem glicerina. Isto está relacionado ao fato da glicerina apresentar elevada concentração de MS (89,02%), alta densidade e capacidade higroscópica (BEATRIZ et al., 2011), resultando em aumento na MS de silagem milho, conforme a percentagem de glicerina que foi adicionada.

Tabela 2 - Composição química e digestibilidade *in vitro* de matéria seca (DIVMS) de silagens de milho controle (SM) ou com glicerina (SMG) como aditivo (base MS).

Variáveis	Silagem de Milho			CV (%)
	SM	SMG(4%)	SMG (9%)	
MS (g kg ⁻¹ MN)	289,6 ^b	323,7 ^a	339,9 ^a	4,87
PB (g kg ⁻¹ MS)	68,8	64,4	56,4	14,36
EE (g kg ⁻¹ MS)	21,6	21,0	20,1	10,12
FDN (g kg ⁻¹ MS)	610,9	566,4	530,5	10,70
FDA (g kg ⁻¹ MS)	300,5 ^a	285,9 ^a	244,1 ^b	6,39
DIVMS (g kg ⁻¹ MS)	554,3	583,4	642,2	13,22
NDT (g kg ⁻¹ MS)	654,9 ^a	666,5 ^a	698,8 ^b	2,04

Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey ($p<0,05$). MS - matéria seca; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo, FDN - fibra em detergente neutro, FDA - fibra em detergente ácido; NDT - nutrientes digestíveis totais (NDT). NDT calculado com a equação $NDT = 889 - 0,779 \times FDA$ (Paterson (2000)).

A concentração de FDA foi reduzida ($p < 0,05$) na silagem de milho com 8,8% de glicerina. A glicerina não apresenta em sua constituição componente fibroso, dessa forma, quando adicionada ao milho possibilitou participação na composição da MS da silagem, reduzindo a concentração de FDA das silagens por efeito de diluição.

O NDT das silagens foi aumentado em 1,8 e 6,7% ($p < 0,05$) nas silagens adicionadas de 4 e 9% de glicerina na MN, respectivamente. A glicerina utilizada apresentou na composição química 81% de glicerol, responsável pelo incremento no valor energético das silagens, pois segundo Dozier et al. (2008), foi determinado o valor de 3.625 kcal kg⁻¹ de energia bruta no glicerol puro. Entretanto, não houve aumento na digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) com a adição de glicerina à silagem de milho.

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da fibra em detergente neutro (CDFDN), da proteína bruta (CDPB) e do extrato etéreo (CDEE) foram influenciados pelos níveis de glicerina e pela forma de adição à ração, na silagem de milho ou no concentrado (Tabela 3).

Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade de matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB), extrato etéreo (CDEE) e fibra em detergente neutro (CDFDN) de rações adicionadas de glicerina (G) na ensilagem de milho (SM) ou no concentrado (C).

Silagem de Milho						
Variáveis	SMG (4,4%) + C	SMG (8,8%) + C	SM + CG (4,4%)	SM + CG (8,8%)	CV (%)	Desvio
CDMS (%)	70,47 ^{bc}	67,10 ^c	78,85 ^{ab}	82,56 ^a	6,21	7,67
CDFDN (%)	53,57 ^b	41,25 ^c	60,28 ^b	75,73 ^a	10,55	13,94
CDPB (%)	61,75 ^{bc}	57,39 ^c	70,19 ^{ab}	79,07 ^a	8,58	10,02
CDEE (%)	57,25 ^c	66,66 ^{bc}	77,49 ^{ab}	83,15 ^a	8,58	11,66

Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

O coeficiente de digestibilidade da MS foi em média 17,3% superior nas rações em que a glicerina foi adicionada diretamente no concentrado em relação a sua adição na silagem de milho. Em contraste aos resultados observados neste trabalho, Lage et al. (2010) não observaram interferência dos níveis de inclusão de glicerina bruta (0, 3, 6, 9

e 12% da MS) nos coeficientes de digestibilidade da MS, MO e PB, em rações fornecidas a cordeiros compostas por silagem de milho (30%) e concentrado (70%).

O coeficiente de digestibilidade de FDN de 41,25% ($p < 0,05$) foi menor para a ração com maior quantidade de glicerina (8,8%) adicionada à silagem, o que pode ser atribuído a menor atividade de microrganismos que digerem a celulose. A glicerina adicionada na ensilagem do milho pode ter aderido à massa de forragem e as fibras, reduzindo o processo fermentativo no rúmen pela atividade dos microrganismos. Em estudo *in vitro* com feno de alfafa, Krueger et al. (2010), observaram que a inclusão de glicerol na dieta pode afetar a digestibilidade da fração fibrosa (FDN), uma vez que a taxa de fermentação foram reduzidas com níveis de 20% de glicerol. Segundo Paggi et al. (2004), com base em estudos *in vitro*, a atividade celulolítica diminuiu em função do aumento de concentrações de glicerol no rúmen. Outros fatores, como o fornecimento de ração com mais de 6% de lipídeos pode prejudicar o consumo e a digestibilidade da fração FDN.

Quando foram adicionados 8,8% de glicerina ao concentrado, o coeficiente de digestibilidade da fração fibra foi maior (CDFDN = 75,73%). Isso pode ser devido à glicerina do concentrado ser mais rapidamente solubilizada no ambiente ruminal e absorvida, permitindo maior facilidade dos microrganismos atuarem sobre a fibra, realizar o processo fermentativo e aumentar a digestibilidade da FDN. Enquanto que na silagem o glicerol adicionado na ensilagem foi utilizado no processo de fermentação pelos microrganismos durante a armazenagem.

O coeficiente de digestibilidade da PB foi superior nas rações com glicerina no concentrado, com aumento médio de 25,3%, quando comparado às rações com adição de glicerina na ensilagem do milho. No entanto, esta maior digestibilidade da PB pode ser relacionada a maior quantidade de proteína verdadeira com aminoácidos proveniente do farelo de soja na composição destas rações. De acordo com Costa et al. (2011) o fornecimento de fontes de nitrogênio a partir de proteína degradável aumentou o coeficiente de digestibilidade aparente ruminal da PB.

O coeficiente de digestibilidade da fração EE, foi maior para as rações onde a glicerina foi adicionada ao concentrado. Entretanto, para as rações com glicerina adicionada na ensilagem não houve diferença ($p > 0,05$), embora na maior dose ocorreu aumento de 9,4 pontos percentuais. Também, Farias et al. (2012), avaliando a digestibilidade de rações em novilhas suplementadas com glicerina em níveis variando

de 0 a 9% de glicerina na MS, relataram aumento linear nos coeficientes de digestibilidade de EE em relação aos níveis de glicerina bruta adicionados.

De acordo com Lage et al., (2010) pode ocorrer alterações na digestibilidade da dieta pelo uso de glicerina bruta, pois a glicerina bruta apresenta na composição alta participação de ácidos graxos, que podem reduzir a digestibilidade de nutrientes no ambiente ruminal. Além disso, Farias et al. (2012) destacam que a digestibilidade de rações contendo glicerina pode variar em função da composição da glicerina bruta e tipo de matéria prima utilizada na produção do biodiesel.

Os dados de consumo de matéria seca (CMS), ganho médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA) foram influenciados pelas doses de glicerina adicionadas a ração e pela forma de inclusão de glicerina na dieta (Tabela 4).

Tabela 4 - Consumo de matéria seca (CMS), de fibra em detergente neutro (CFDN), de proteína bruta (CPB), ganho médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA) de cordeiros alimentados com rações com inclusão de glicerina (G) na ensilagem de milho (SM) ou no concentrado (C).

Variáveis	Tratamento				CV (%)
	SMG (4,4%) + C	SMG (8,8%) + C	SM + CG (4,4%)	SM + CG (8,8%)	
CMS (g dia ⁻¹)	805	853	840	893	6,64
CMS ^{0,75} (g PC ^{-0,75})	65,93 ^b	70,72 ^a	70,45 ^a	73,08 ^a	7,26
CMS (%PC dia ⁻¹)	2,89	3,06	3,03	3,14	6,53
CFDN (g dia ⁻¹)	390 ^{ab}	357 ^b	411 ^a	427 ^a	6,74
CFDN (%PC dia ⁻¹)	1,40 ^{ab}	1,28 ^b	1,49 ^a	1,50 ^a	6,66
CPB (g dia ⁻¹)	130	140	140	140	6,64
CPB (%PC dia ⁻¹)	0,46	0,49	0,49	0,50	6,53
GMD (g dia ⁻¹)	180 ^b	170 ^b	200 ^{ab}	210 ^a	19,71
CA	4,72 ^{ab}	5,32 ^a	4,57 ^b	4,54 ^b	21,53

Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). PC = peso corporal; PC^{0,75} = peso metabólico.

O consumo médio diário de MS foi maior ($p < 0,05$) com adição de glicerina no concentrado, com consumo médio de 850 g de MS por dia, nos animais recebendo 4,4% de glicerina e 900 g MS por dia para os alimentados com 8,8% de glicerina, ambas

adicionados ao concentrado. O maior CMS está relacionado ao maior coeficiente de digestibilidade estimado para a MS e os nutrientes FDN, PB e EE das rações adicionadas de glicerina no concentrado.

Aumentos no CMS por cordeiros, em dietas com inclusão de glicerina bruta ao concentrado (níveis de 0, 10, 20 e 30%), foi observado por Pellegrin et al. (2012), utilizando glicerina com baixa concentração de EE (2,1%). Outros autores (GUNN et al., 2010), também relatam o aumento linear no CMS com níveis crescentes de glicerina de 0, 5, 10, 15 e 20% (base MS) da ração de cordeiros em terminação. Em novilhas em fase de acabamento, quando suplementadas com até 2% de glicerina, foi observado aumento de CMS, mas, à medida que aumentou dose adicionada, houve redução no CMS, sendo menor com 16% de glicerina. Segundo Parsons et al. (2009), o uso de glicerina associado a elevada proporção de concentrado na dieta, visto que a glicerina bruta sem composição de fibras, consiste em fator desfavorável às condições do ambiente ruminal e pode influenciar no consumo de alimento, reduzindo o consumo de MS.

Por outro lado, Lage et al. (2010) observaram redução linear no CMS em g dia^{-1} e g kg^{-1} em ovinos alimentados com dietas alto concentrado (70%) e níveis de inclusão de 0, 3, 6 e 12% de glicerina bruta. Todavia, a glicerina bruta utilizada por esses autores apresentava alta concentração de ácidos graxos (46,48%). Os animais ruminantes são pouco tolerantes a altas concentrações de lipídeos na dieta.

Porém, em relação ao peso metabólico, não houve diferença ($p>0,05$) de consumo quando fornecido diferentes doses de inclusão de glicerina ao concentrado e a maior dose de glicerina adicionada à silagem, onde o $\text{CMS}^{0,75}$ variou de 65,93 a 73,08 g por $\text{PC}^{0,75}$. Gomes et al. (2011) não observaram efeito no consumo de MS, no GMD, consumo de MS em % do peso corporal, peso médio final e na CA, com maiores níveis de glicerina (0, 15 e 30% da dieta total) na terminação de cordeiros, alimentados com concentrado (60%) e feno de aveia (40%). Isso indica que a glicerina pode ser incluída em até 30% da MS na alimentação de cordeiros sem prejudicar o desempenho e características de carcaça dos animais.

Os animais alimentados com ração contendo glicerina adicionada ao concentrado apresentaram maior GMD, com médias de 200 e 210 g, para os níveis de 4,4 e 8,8% de glicerina, respectivamente. Segundo Krehbiel (2008), o fornecimento de ração com inclusão de glicerol por maior tempo pode aumentar a taxa de

desaparecimento do glicerol, e dessa forma, aumentar o consumo de ração adicionada de glicerina pelos animais.

A pior CA (5,32) observada foi para a adição da maior dose de glicerina a silagem de milho, contudo não diferindo ($p>0,05$) da CA (4,72) registrada para a menor dose de glicerina também adicionada a silagem de milho. Quanto ao consumo dos nutrientes da ração, não houve diferença no consumo de MS e de PB em kg e em % do peso corporal.

Por outro lado, Lage et al. (2010) constataram menor consumo PB com o maior dose de glicerina de 12% (base MS) em cordeiros em terminação alimentados com silagem de milho (70% MS da ração). Este fato ocorreu concomitante com a redução no consumo de matéria seca pelos animais. Também, Musselman et al. (2008) obtiveram resultados de decréscimo no CMS por ovinos, quando alimentados com ração contendo a inclusão de glicerina bruta acima de 30% da MS.

O consumo de FDN, em g e em % do peso corporal, foi maior ($p<0,05$) nos tratamentos com glicerina adicionada ao concentrado. Isto ocorreu devido ao coeficiente de digestibilidade das rações, pois quando adicionada glicerina no concentrado apresentaram melhores coeficientes de digestibilidade da FDN, sendo maior (75,73%) ($p<0,05$) com 8,8% de glicerina, seguido de 60,28% na ração com 4,4% de glicerina adicionada no concentrado, aumentando o consumo deste nutriente pelos animais.

Não houve efeito da quantidade de glicerina e da forma de fornecimento (silagem ou no concentrado) sobre o peso corporal ao abate (PCA), peso de carcaça quente (CQ) e fria (CF), e também na avaliação de rendimento de carcaça quente (RCQ) e fria (RCF) (Tabela 5).

As doses de 4,4 e 8,8% de glicerina (base MS) da ração dos cordeiros, adicionada à silagem ou do concentrado, não foram suficientes para promover alterações nos pesos, corporal ao abate e de carcaça, quente e fria. Entretanto, em outros trabalhos nos quais foram realizadas avaliações com níveis mais altos de inclusão de glicerina a dieta, os autores observaram redução linear tanto no peso como no rendimento de carcaça quente e fria, como relatado por Pellegrin et al. (2013) que utilizaram os níveis de 0, 10, 20 e 30% de glicerina bruta em cordeiros lactentes machos e fêmeas, mantidos em pasto de azevém, terminados até os 28 kg e abatidos.

Tabela 5 - Peso corporal inicial (PCI) e ao abate (PCA), peso de carcaça quente (CQ) e fria (CF), e rendimento de carcaça quente (RCQ) e fria (RCF) de cordeiros alimentados com rações adicionadas de glicerina (G) na ensilagem de milho (SM) ou no concentrado (C).

	Tratamento				CV (%)
	SMG (4,4%) + C	SMG (8,8%) + C	SM + CG (4,4%)	SM + CG (8,8%)	
PCI (kg)	21,79	21,81	21,91	21,86	
PCA (kg)	34,44	33,51	32,57	34,43	5,27
CQ (kg)	15,58	15,44	15,21	15,93	6,12
CF (kg)	15,17	15,13	14,74	15,49	6,25
RCQ (%)	45,21	46,07	46,67	46,30	3,19
RCF (%)	44,01	45,14	45,22	45,02	2,92

Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Assim, os animais foram abatidos com peso corporal médio de 33,74 kg, e apresentaram média de rendimento de carcaça quente de 46,06% e carcaça fria de 44,01%. Os rendimentos de carcaça são semelhantes aos 47,98 e 46,99% determinados por Araújo Filho et al. (2010), respectivamente, para animais abatidos com peso corporal médio de 30 kg.

Na tabela 6 são apresentados dados estimados do custo de produção com ração adicionada de glicerina na ensilagem do milho ou no concentrado para a terminação de 1000 animais, confinados por período médio de 64 dias, considerando os valores médios de peso corporal inicial e ao abate, consumo médio diário de ração e rendimento de carcaça fria observado neste trabalho.

Tabela 6 – Estimativa do custo de produção com rações adicionadas de glicerina (G) na ensilagem de milho (SM) ou no concentrado (C) em confinamento na terminação de 1000 cordeiros.

Variáveis	Tratamento			
	SMG (4,4%) + C	SMG (8,8%) + C	SM + CG (4,4%)	SM + CG (8,8%)
Consumo ração (kg animal ⁻¹) ¹	123,3	124,3	121,2	124,7
Custo por kg ração (R\$)	0,48	0,49	0,48	0,50
Produção carcaça (kg) ²	15.157	15.126	14.728	15.500
Custo por carcaça (R\$) ³	59,00	60,48	58,70	62,08
Custo por kg carcaça (R\$) ⁴	3,89	4,00	3,99	4,01
Receita total (R\$) ⁵	303.141	302.528	294.563	310.008
Despesa total ⁶ (R\$)	192.654	192.248	193.072	196.152
Lucro por carcaça (R\$)	110,49	108,28	101,49	113,86
Lucro por kg carcaça (R\$)	7,29	7,16	6,89	7,35

¹Custo ração = custo ração (R\$ kg⁻¹) x consumo médio diário ração (kg) x 1000; ²Produção carcaça = Peso corporal ao abate (kg) x rendimento carcaça fria (%) x 1000; ³Custo por carcaça = consumo ração (kg animal⁻¹) x custo ração (R\$ kg⁻¹); ⁴Custo por kg carcaça = consumo ração (kg animal⁻¹) x custo por kg ração (R\$).⁵ Receita total = Produção de carcaça (kg) x R\$20,00 preço kg⁻¹ carcaça. ⁶Despesa total = Custo ração x 1000 + Custo confinamento (1000 x 64 dias x R\$ animal dia⁻¹) + Custo aquisição animais (1000 x Peso corporal inicial x R\$ 6,00 preço kg⁻¹).

Observa-se que as rações adicionadas de 4,4% de glicerina na ensilagem ou no concentrado apresentam menor custo por kg de ração produzida, sendo de 3,89 e 3,99 reais, respectivamente. As rações com 8,8% de glicerina adicionada na ensilagem e no concentrado apresentam custo por quilo 2,7 e 2,8% maiores que a ração com 4,4% de glicerina na ensilagem do milho. Os maiores custos são devidos à composição das rações adicionadas de glicerina no concentrado apresentarem maior quantidade de farelo de soja, contribuindo para acréscimo no custo por quilo de ração.

Entretanto, mesmo com o custo por quilo de ração maior quando a glicerina foi adicionada ao concentrado, para escala de produção com 1000 animais a estimativa é a maior rentabilidade por quilo de carcaça de cordeiro alimentado com ração adicionada com 8,8% de glicerina no concentrado. Isto ocorre, porque há aumento na produtividade dos animais que consomem ração com glicerina no concentrado, em relação à ração adicionada de glicerina na ensilagem do milho, no mesmo período de confinamento.

Conclusões

A glicerina semipurificada adicionada na ensilagem do milho pode ser consumida na fermentação por microrganismos com redução na quantidade de glicerina disponível aos animais na alimentação. Assim, a inclusão de glicerina semipurificada na ração de cordeiros em terminação deve ser realizada no concentrado em 8,8% (base MS da ração), devido a maior digestibilidade de nutrientes e ganho de peso de cordeiros.

Referências bibliográficas

AMARAL, R.M.; MACEDO, F.A.F.; MACEDO, F.G.; LINO, D.A.; ALCALDE, C.R.; DIAS, F.B.; GUALDA, T.P. Deposição tecidual em cordeiros Santa Inês, ½ Dorper-Santa Inês e ½ White Dorper-Santa Inês avaliados por ultrassonografia. *Revista Brasileira de Saúde Produção Animal*, Salvador, v.12, n.3, p.658-669 jul/set, 2011.

AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 15.ed. Washington D.C. 1990. 1141 p.

ARAÚJO FILHO, J.T.; COSTA, R.G.; 2, FRAGA, A.B.; SOUSA, W.H.; 4, CEZAR, M.F.; 5, BATISTA, A.S.M. Desempenho e composição da carcaça de cordeiros deslanados terminados em confinamento com diferentes dietas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.39, n.2, p.363-371, 2010.

BEATRIZ, A. ARAÚJO, Y.J.K.; LIMA, D.P. Glicerol: um breve histórico e aplicação em sínteses estereosseletivas. *Química Nova*, São Paulo, v.34, n.2, p.306-319, 2011.

COSTA; V.A.C.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T.; CARVALHO, I.P.C. Digestibilidade total e parcial e balanço nitrogenado em bovinos em pastejo no período das águas recebendo suplementos com nitrogênio não-proteico e/ou proteína verdadeira. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.40, n.12, p.2815-2826, 2011.

DOZIER, W.A.; KERR, B.J.; CORZO, A; KIDD, M.T., WEBER, T.E., BREGENDAHL, K. Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. *Poultry Science*, Champaign, v. 87, p. 317-322, 2008.

FARIAS, M.S.; PRADO, I.N.; VALERO, M.V.; ZAWADZKI, F.; SILVA, R.R.; EIRAS, C.E.; RIVAROLI, D.C.; LIMA, B.S. Níveis de glicerina para novilhas suplementadas em pastagens: desempenho, ingestão, eficiência alimentar e digestibilidade. *Semina*, Londrina, v. 33, n. 3, p. 1177-1188, maio/jun. 2012.

GOMES, M.A.B.; MORAES, G.V.; MATAVELI, M.;MACEDO, F.D.F.; CARNEIRO, T.C.; ROSSI, R.M. Performance and carcass characteristics of lambs fed on diets supplemented with glycerin from biodiesel production. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.40, n.10, p.2211-2219, 2011.

GUNN, P. J.; NEARY, M. K.; LEMENAGER, R. P.; LAKE, S. L. Effects of crude glycerin on performance and carcass characteristics of finishing wether lambs. *Journal Animal Science*, Champaign, v.88, p.1771-1776, 2010.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.82, n.8, p.1791-1794, 1999.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:

<<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2487>> Acesso em: 15 nov. 2013.

IUPAC- International Union of Pure and Applied Chemistry. *Compendium of chemical terminology*, 2.ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1997.p. 1351.

KREHBIEL, C. R. Ruminant and physiological metabolism of glycerin. *Journal Animal Science*, Champaign, v.86, p.392, 2008.

KRUEGER, N.A.; ANDERSON, R.C.; TEDESCHI, L.O.; CALLAWAY, T.R.; EDRINGTON, T.S.; NISBET, D.J. Evaluation of feeding glycerol on free-fatty acid production and fermentation kinetics of mixed ruminal microbes *in vitro*. *Bioresource Technology*, Amsterdam, v.101, p.8469–8472, 2010.

LAGE, J.F.; PAULINO, P.V.R.; PEREIRA, L.G.R.; VALADARES FILHO, S.C.; OLIVEIRA, A.S.; DETMANN, E.; SOUZA, N.K.P; LIMA, J.C.M. Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.45, n.9, p.1012-1020, set. 2010.

LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; HONEYMAN, M.S.; STALDER, K.; DOZIER, W.A.; WEBER, T.E.; KIDD, M.T.; BREGENDAHL, K. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.87, n.1, p.104-107, 2008.

LIPPKE, H., ELLIS, W.C.; JACOBS, B.F. Recovery of indigestible fiber from feces of sheep and cattle on forage diets. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.69, p.403-412, 1986.

MUSSELMAN, R.L.; A. F.; VAN EMON, M.L.; GUNN, P.J.;RUSK, C.P.; NEARY,M.K.; LEMENAGER, R.P.;LAKE, S.L. Effects of crude glycerin on feed lot performance and carcass characteristics of market lambs. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Sciences*, v.59, p.353-355, 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. Nutrient requirements of small ruminants. Washington: *National Academy*. 2007. 362p.

PAGGI, R.A.; FAY, J.P.; FAVERIN, C. In vitro ruminal digestibility of oat hay and cellulolytic activity in the presence of increasing concentrations of short-chain acids and glycerol. *Journal of Agricultural Science*, v.142, p.89-96, 2004.

PARSONS, G. L.; SHELOR, M. K. ; DROUILLARD, J. S. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.87, p.653–657, 2009.

PELLEGRIN, A.C.R.S.; PIRES, C.C.; CARVALHO, S.; PACHECO, P.S.; PELEGRINI, L.F.V.; GRIEBLER, L.; VENTURINI, R.S. Glicerina bruta no suplemento para cordeiros lactentes em pastejo de azevém. *Ciência Rural*, Santa Maria v.42, n.8, p. 1477-1482, 2012.

- PELLEGRIN, A.C.R.S.; PIRES, C.C.; VENTURINI, R.S.; MORO, A.B.; BRUTTI, D.D.; 1, TEIXEIRA, R.S.; SIMÕES, R.R. Comportamento ingestivo de cordeiros lactentes em azevém suplementados com glicerina bruta. *Revista Agrarian*, Dourados, v.6, n.20, p.191-197, 2013.
- PIMENTEL, J.J.A.; LANA, R.P.; GRAÇA, D.S.; MATOS, L.L.; TEIXEIRA, R.M.A. Teores de proteína bruta no concentrado e níveis de suplementação para vacas leiteiras em pastagens de capim-braquiária cv. Marandu no período da seca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.40, n.2, p.418-425, 2011.
- SAEG. *Sistema para Análises Estatísticas*, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.
- SCHRÖDER, A.; SÜDEKUM, K.-H. Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets for ruminants. In: *International Rapeseed Congress*, 10., 1999, Canberra. Gosford, Australia: Regional Institute, 1999. paper 241. Disponível em: <<http://www.regional.org.au/au/gcirc/1/241.htm>>. Acesso em: 23 ago. 2011.
- SILVA, D.C.; ALVES, A.A.; OLIVEIRA, M.E.; MOREIRA FILHO, M.A.; RODRIGUES, M.M.; VALE, G.E.S.; NASCIMENTO, HTS. Consumo e digestibilidade de dietas contendo farelo de mamona destoxificado para ovinos em terminação. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v.12, n.1, p.96-106, 2011.
- TERRÉ, M.; NUDDA, A.; CASADO, P.; et al. The use of glycerine in rations for light lamb during the fattening period. *Animal Feed Science and Technology*, v.164, 3-4, p. 262-267, 2011.
- TILLEY, J.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique of the in vivo digestion of forage crops. *Journal British of Grassland Society*, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- VAN SOEST, P.J. *Nutrition ecology of the ruminants*. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 74, p. 3583-3597, 1991.
- VOLTOLINI, T.V.; MORAES, S.A.; ARAÚJO, G.G.L.; PEREIRA, L.G.R.; SANTOS, R.D.; NEVES, A.L.A. Carcass traits and meat cuts of lambs receiving increasing levels of concentrate. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 526-533, 2011.

VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos neste estudo evidenciaram que o fornecimento de glicerina semipurificada na dieta de cordeiros Dorper x Santa Inês, adicionada na ração, sendo no momento de ensilagem do milho ou diretamente no concentrado, constitui boa fonte de energia para atender os requerimentos nutricionais destes animais para a produção de carne durante a terminação em confinamento.

A glicerina semipurificada é um bom aditivo para a silagem de milho, pois quando adicionada na ensilagem em doses crescentes de 0, 5, 10, 15 e 20% (base matéria natural) correlacionou-se positivamente com menores perdas de matéria seca na armazenagem e na estabilidade aeróbia, a glicerina contribuí na fermentação por microrganismos anaeróbios favorecendo a conservação da forragem. Houve melhora na estabilidade aeróbia após abertura do silo e exposição da massa ao ar e no valor nutricional da forragem por acréscimo energético e redução na fração fibrosa de baixa digestibilidade. O milho ensilado com 4 e 9% de glicerina (base matéria natural) apresentou aumento na fração solúvel (*a*) da matéria seca e maior degradabilidade efetiva de matéria seca e da fibra em detergente neutro comparada a silagem de milho controle sem glicerina, possibilitando melhor aproveitamento e estímulo no consumo de alimento por animais.

Ainda, a glicerina adicionada na ensilagem do milho pode ser parcialmente consumida nas etapas de fermentação em anaerobiose reduzindo a quantidade disponível aos animais durante o período de alimentação. Sendo assim, a glicerina semipurificada deve ser adicionada ao concentrado em 8,8% (base matéria seca) da ração de cordeiros em terminação, por aumentar a digestibilidade de nutrientes, proporcionar maior consumo de matéria seca, ganho médio diário e maior rentabilidade ao produtor por quilo de carcaça produzida e comercializada.