

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

SUBSTITUIÇÃO DO MILHO PELA GLICERINA EM DIETAS
DE ALTO DESEMPENHO PARA BOVINOS DE CORTE

Autora: Francine Mezzomo Giotto
Orientador: Prof. Dr. Antonio Ferriani Branco
Co-orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim

MARINGÁ
Estado do Paraná
Março – 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

SUBSTITUIÇÃO DO MILHO PELA GLICERINA EM DIETAS
DE ALTO DESEMPENHO PARA BOVINOS DE CORTE

Autora: Francine Mezzomo Giotto
Orientador: Prof. Dr. Antonio Ferriani Branco
Co-orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de concentração: Produção Animal.

MARINGÁ
Estado do Paraná
Março – 2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

G511s Giotto, Francine Mezzomo.

Substituição do milho pela glicerina em dietas de alto desempenho para bovinos de corte / Francine Mezzomo Giotto. – Maringá, 2015.
xii, 42 f. : il.

Orientador: Antonio Ferriani Branco.

Co-orientador: Clóves Cabreira Jobim.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2015.
Inclui bibliografia.

1. Bovino de corte – Alimentação e rações – Teses. 2. Bovino de corte – Eficiência alimentar – Teses. 3. Glicerina – Teses. 4. Produção animal – Teses. 5. Biodiesel – Teses. I. Branco, Antonio Ferriani. II. Jobim, Clóves Cabreira. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDU 636.2



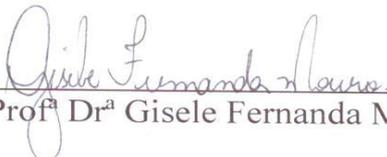
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

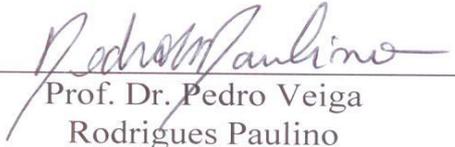
**SUBSTITUIÇÃO DO MILHO PELA GLICERINA EM
DIETAS DE ALTO DESEMPENHO PARA BOVINOS DE
CORTE**

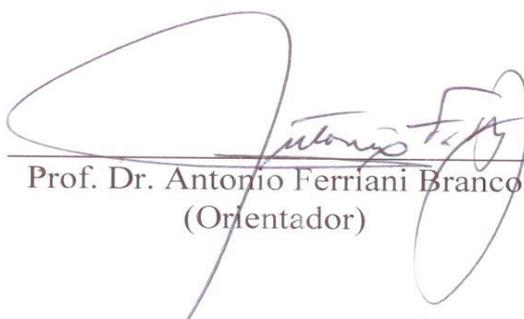
Autora: Francine Mezzomo Giotto
Orientador: Prof. Dr. Antonio Ferriani Branco

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 19 de março de 2015.


Prof.^a Dr.^a Gisele Fernanda Mouro


Prof. Dr. Pedro Veiga
Rodrigues Paulino


Prof. Dr. Antonio Ferriani Branco
(Orientador)

*If you can't fly, then run
if you can't run, then walk
if you can't walk, then crawl
but whatever you do,
you have to keep moving forward.*

Martin Luther King Jr

À minha família,
minha base
meu exemplo
minha motivação...

Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelos momentos de alegria, tristeza, lutas e vitórias. Por guiar meus passos e me abençoar.

Ao meu pai, Lamir Giotto, à minha mãe, Eunice Maria Mezzomo, e aos meus irmãos, Juliana, Johnny e Rodrigo, por todo apoio e incentivo. São minha base e meu maior exemplo.

À Universidade Estadual de Maringá, por ter me possibilitado desenvolver este trabalho.

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

Ao Prof. Dr. Antonio Ferriani Branco, pela oportunidade de pesquisa, pela orientação e pelos ensinamentos. Um exemplo de ética, honestidade e integridade, tanto profissional quanto pessoal.

Ao Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim, pela co-orientação durante todo o projeto, pelo incentivo, pela disposição em ajudar, por me acolher junto ao Grupo de Estudos em Silagem e Feno – GESF e por disponibilizar seus orientados para me ajudar durante o período experimental. É um exemplo a ser seguido pela dedicação à pesquisa, pela competência profissional, pela ética e pelo zelo com seus orientados.

À Prof. Dra. Priscilla Ayleen Bustos Mac Lean, pelo auxílio no projeto, na realização das análises e pela amizade.

Ao Marcelo Tartari Kunz, pela ajuda no experimento, pelos momentos de descontração, por todo apoio, amor, paciência e compreensão em todos os momentos de ausência.

Às amigas do grupo, Ana Lucia Teodoro e Tatiana García Díaz, pela ajuda durante o mestrado. Em especial, agradeço à Beryk Lopriato Salab, Laiz Fiorilli de Mattos e Milene Puntel Osmari, pela ajuda e principalmente pela amizade. Foram essenciais em todos os momentos.

Ao Grupo Facholi, por disponibilizar os animais para a realização do experimento.

Aos funcionários da Fazenda Experimental Iguatemi – FEI/UEM, em especial ao Wilson Marssola, que me ajudou no experimento e nas análises.

Aos funcionários do Laboratório de Análise e Nutrição Animal da UEM, Hermógenes Augusto de Camargo Neto e Creuza Azevedo, pela ajuda durante as análises laboratoriais.

Aos membros da Associação Paranaense dos Estudantes de Zootecnia e aos professores Doutores Cláudio Scapinello, Magali Soares dos Santos Pozza, Priscilla Ayleen Bustos Mac Lean e Ricardo Souza Vasconcelos, pelos dois anos de parceria na Comissão Organizadora do Congresso Paranaense dos Estudantes de Zootecnia.

Aos amigos da UEM e da pós-graduação, Antônio Vinicius Iank Bueno, Caio Feitosa, Eline Finco, Isabelle Naemi Kaneko, Jocasta Carraro, Matheus Teixeira, Paula Olivo, Rafael Novaes, Thamara Tais Tres, Thomer Durman e Viviane Gritti, pela amizade, pela ajuda durante a realização das atividades, pelo apoio e pelas palavras de incentivo nas horas mais difíceis.

Aos secretários, Denilson Vicentin e Elizabeth dos Santos, pela ajuda nas questões burocráticas.

À todos que acreditaram nesse projeto e que me ajudaram incondicionalmente para que eu chegasse até aqui, deixo o meu MUITO OBRIGADA!

BIOGRAFIA

FRANCINE MEZZOMO GIOTTO, filha de Lamir Giotto e Eunice Maria Mezzomo, nasceu em Concórdia, Santa Catarina, no dia 09 de janeiro de 1989.

No ano de 2008, iniciou o Curso de Graduação em Medicina Veterinária, na Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, Guarapuava, PR.

Em março de 2013, cumpriu as exigências para obtenção do título de “Médica Veterinária” pela mesma instituição.

Em 2013, iniciou o curso de Pós-Graduação em Zootecnia, pela Universidade Estadual de Maringá, em nível de Mestrado, área de concentração Produção Animal, realizando estudos na subárea de Nutrição de Ruminantes.

Em março de 2015, submeteu-se à banca examinadora para defesa da dissertação.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
I - INTRODUÇÃO	1
1.1 Cadeia produtiva do biodiesel	1
1.2 Glicerina	3
1.2.1 Glicerina na nutrição de ruminantes	5
1.2.2 Metabolismo ruminal do glicerol	7
Referências bibliográficas	8
II - OBJETIVOS GERAIS	12
III - CONSUMO, DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES E DESEMPENHO EM BOVINOS DE CORTE CONFINADOS ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO GLICERINA	13
Resumo	13
Abstract	13
Introdução	14
Material e métodos	15
Resultados	17
Discussão	18
Conclusão	22
Referências bibliográficas	23
IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS	29

LISTA DE TABELAS

	Página
I - INTRODUÇÃO	
Tabela 1. Percentual das matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel por região, em novembro de 2014.....	2
III – CONSUMO, DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES E DESEMPENHO EM BOVINOS DE CORTE CONFINADOS ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO GLICERINA	
Tabela 1. Composição das dietas experimentais (g kg ⁻¹ de MS).....	25
Tabela 2. Composição química dos alimentos e das dietas experimentais (g kg ⁻¹ de MS)	26
Tabela 3. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína (CDAPB), fibra em detergente neutro (CDAFDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT)	27
Tabela 4. Consumo de matéria seca (CMS), eficiência alimentar (EA), peso corporal inicial (PCI), peso corporal final (PCF), ganho médio diário (GMD), peso de carcaça quente (PCQ) e rendimento de carcaça quente (RCQ).....	28

LISTA DE FIGURAS

	Página
I - INTRODUÇÃO	
Figura 1. Fluxograma da cadeia produtiva do biodiesel.....	3

RESUMO

O objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos da substituição do milho pela glicerina em dietas de alto desempenho para bovinos confinados, sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta, o consumo de matéria seca, o ganho diário, a eficiência alimentar e o rendimento de carcaça quente. Foram utilizados 32 tourinhos da raça Brangus, com peso inicial de 380 ± 20 kg, em um delineamento inteiramente casualizado. Os animais foram confinados em baias individuais e submetidos a 21 dias de adaptação à dieta e às instalações, seguido de 5 períodos experimentais de 21 dias cada. As dietas experimentais foram formuladas de forma que o milho fosse substituído por glicerina nos níveis 0, 70, 140 e 210 g kg⁻¹ de matéria seca na dieta total. A inclusão de glicerina na dieta até 210 g kg⁻¹ não influenciou ($P>0,05$) a digestibilidade aparente da matéria seca (738,1 g kg⁻¹), matéria orgânica (747 g kg⁻¹), proteína bruta (755,1 g kg⁻¹), fibra em detergente neutro (580,2 g kg⁻¹) e os nutrientes digestíveis totais (707,2 g kg⁻¹). A inclusão de glicerina na dieta não influenciou ($P>0,05$) o consumo de matéria seca total (10.667 g kg⁻¹). Ainda não foram influenciados pelo uso da glicerina a eficiência alimentar (0,133 kg kg⁻¹), o ganho médio diário (1,42 kg) e o rendimento de carcaça quente (543,7 kg kg⁻¹). A glicerina pode substituir até 1/3 do milho e compor até 21% da dieta de bovinos confinados com alta taxa de ganho, sem alterar a digestibilidade dos nutrientes da dieta, o consumo, o desempenho animal e a eficiência alimentar.

Palavras-chave: biodiesel, bovinocultura de corte, coproduto, glicerol

ABSTRACT

This research was conducted in order to evaluate the effects of glycerin levels inclusion in high performance diets for feedlot beef cattle on apparent digestibility of nutrients, dry matter intake, daily gain, feed efficiency and hot carcass yield. Thirty-two Brangus bulls were used, with initial body weight of 380 ± 20 kg, in a completely randomized design. Animals were housed in individual pens and subjected to 21 days of diets and facilities adaptation, followed by five experimental periods of 21 days each. The experimental diets were formulated so that the corn was replaced by glycerin at 0, 70, 140 and 210 g kg⁻¹ levels, in the dry matter of total diet. Inclusion of glycerin in the diets up to 210 g kg⁻¹ did not influence ($P>0.05$) apparent digestibility of dry matter (738.1 g kg⁻¹), organic matter (747 g kg⁻¹), crude protein (755.1 g kg⁻¹), neutral detergent fiber (580.2 g kg⁻¹) and total digestible nutrients (707.2 g kg⁻¹). Glycerin inclusion in the diets did not influence ($P>0.05$) total dry matter intake (10.667 kg dia⁻¹). Still, feed efficiency (0.133 kg kg⁻¹), average daily gain (1.42 kg) and hot carcass yield (543.7 kg kg⁻¹) have not been influenced by the glycerin ($P>0.05$). Glycerin can replace up to 1/3 of the corn and compose up to 21% of the diet for confined beef cattle with high gain rate, without changing apparent digestibility of nutrients, dry feed intake, daily gain, feed efficiency and hot carcass yield.

Keywords: biodiesel, beef cattle, co-product, glycerol

I – INTRODUÇÃO

Atualmente, a procura por soluções que contribuam para mitigar o processo de aquecimento global tem tomado a atenção e trazido preocupações para muitos segmentos da sociedade. Os danos ao meio ambiente e a possibilidade de esgotamento dos recursos naturais são os maiores argumentos utilizados para justificar a necessidade de uma alteração da matriz energética no mundo. A principal questão é a busca por novas fontes energéticas, já que 85% da energia mundialmente consumida deriva da queima de combustíveis fósseis. Neste contexto, ganham força os biocombustíveis, que representam uma fonte de energia renovável, com baixo grau de emissões de gases e com o mesmo potencial energético que os combustíveis fósseis.¹

1.1 Cadeia produtiva do biodiesel

A Lei nº 11.097² define o biodiesel como o “biocombustível” derivado de biomassa renovável para o uso em motores à combustão interna, com ignição por compressão ou, conforme o regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil.

Por ser biodegradável, o biodiesel não é tóxico e é praticamente livre de enxofre e compostos aromáticos, sendo considerado combustível ecológico, podendo promover uma redução significativa na emissão de monóxido de carbono e de hidrocarbonetos, quando utilizado em substituição ao diesel convencional.³

O Brasil lançou, em 2004, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, que teve início em 2008, quando entrou em vigor a mistura obrigatória de 2% de biodiesel ao óleo diesel, em todo o território nacional. A evolução foi rápida e, no início

de 2010, a inclusão aumentou para 5%, antecipando em três anos a meta estabelecida pela Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005.²

Em 2014, foi sancionada a Lei nº 13.033⁴, que dispõe sobre a adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final e revoga dispositivos da Lei nº 11.097. Assim, desde 1º de novembro de 2014, o óleo diesel comercializado em todo o Brasil contém 7% de biodiesel. Esta regra foi estabelecida pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que aumentou de 5% para 7% o percentual obrigatório de mistura de biodiesel ao óleo diesel e a venda de diesel BX – nome da mistura de óleo diesel derivado do petróleo e um percentual de biodiesel – é obrigatória em todos os postos que revendem óleo diesel, sujeitos à fiscalização pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. De acordo com dados da ANP⁵, atualmente existem 58 plantas produtoras de biodiesel autorizadas para operação no país, correspondendo a uma capacidade total de produção de 21.163,51 m³/dia.

O biodiesel pode ser obtido através de matérias-primas vegetais e animais (Tabela 1). A principal matéria-prima utilizada na produção é o óleo de soja, mas também são utilizadas a gordura bovina, o óleo de algodão, o óleo de fritura usado, a gordura suína e a gordura de frango, entre outros.

É possível, também, usar mais de uma fonte vegetal no mesmo biodiesel. A mamona, por exemplo, se usada em mistura com outros óleos, agrega propriedades positivas ao produto final, como a redução do ponto de congelamento, sem alterar as especificações exigidas pela ANP.

Tabela 1. Percentual das matérias-primas* utilizadas na produção de biodiesel por região em novembro de 2014

Matéria-Prima (%)	Região				
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Óleo de Soja	90,67	56,50	82,60	43,56	74,94
Gordura Bovina	9,33	20,79	11,71	52,55	23,61
Óleo de Algodão		22,57	3,84	1,60	
Óleo de Fritura Usado		0,14	0,97	2,16	0,85
Gordura Suína			0,06		
Gordura de Frango			0,03		

*ANP⁵

O biodiesel é obtido através da transesterificação (Figura 1), que consiste na reação de um óleo ou gordura com um álcool, na presença de hidróxido de sódio ou de potássio, formando ésteres metílicos de ácidos graxos e glicerina.⁶ Ao final da transesterificação, a glicerina e os ésteres formam duas fases líquidas e separáveis por centrifugação, sendo a fase superior menos densa, constituída por biodiesel, e a fase inferior a glicerina bruta, composta por glicerol e aproximadamente 30% de impurezas.⁷

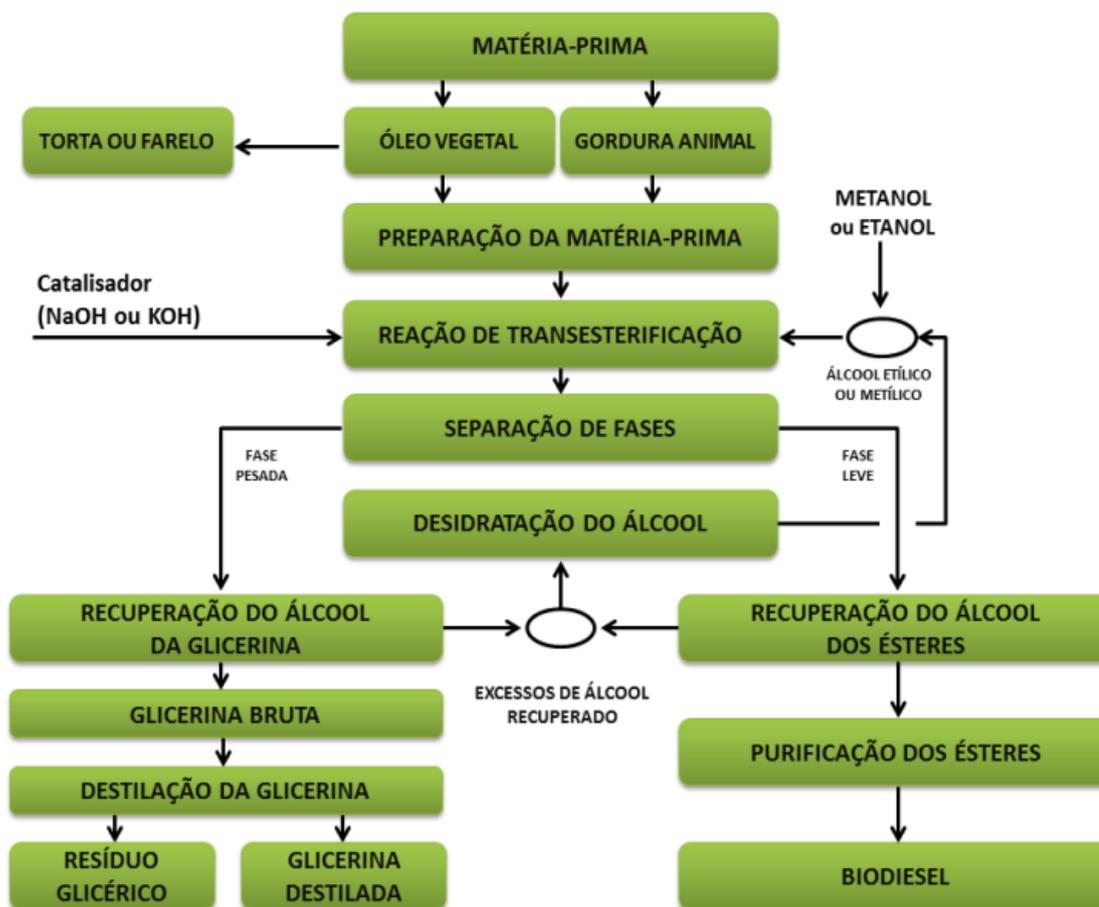


Figura 1. Fluxograma da cadeia produtiva do biodiesel

Fonte: Rodrigues e Rondina⁸

1.2 Glicerina

A glicerina é o nome comercial dado ao glicerol ou propano-1,2,3-triol, que é um composto orgânico, líquido à temperatura ambiente (25°C), higroscópico, inodoro, viscoso e de sabor adocicado. Seu ponto de fusão é de 17,8°C e ebulição com decomposição em 290°C.⁹

O glicerol está presente em todos os óleos e gorduras de origem animal e vegetal, em sua forma combinada, ou seja, ligado a ácidos graxos, tais como o ácido esteárico, oleico, palmítico e láurico, para formar a molécula de triacilglicerol. A glicerina é o produto composto que contém o glicerol, e é obtida de triglicerídeos a partir do processo de produção de sabões, do isolamento dos ácidos graxos e, atualmente, pela transesterificação durante a produção do biodiesel. Na reação de transesterificação para a produção do biodiesel com a utilização de óleos vegetais, cerca de 10% do volume total resultante da reação é glicerina bruta.⁸

A glicerina é classificada em vários graus, tanto pela quantidade de glicerol como pelas impurezas presentes, como água, lipídios, cinzas e metanol. Carvalho et al.¹⁰ relataram que a glicerina pode ser comercializada sem purificação (glicerina natural), na forma bruta (alto conteúdo de ácidos graxos) ou semipurificada, mais conhecida como “loira” (baixo conteúdo de ácidos graxos). Para Südekum,¹¹ a glicerina é classificada quanto à pureza, sendo baixa pureza (50 a 70% de glicerol), média pureza (80 a 90% de glicerol) e de alta pureza (acima de 99% de glicerol).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da Resolução 386/1999,¹² colocou a glicerina na lista de aditivos (umectantes) permitidos para alimentação humana e animal. Em maio de 2010, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) definiu um padrão mínimo de qualidade para uso na nutrição animal: cada quilo de glicerina deve conter, no mínimo, 800g de glicerol, valores máximos de 120g de umidade e 150mg de metanol.¹³

Atualmente, a glicerina é utilizada nas indústrias farmacêuticas, de tabaco, alimentos, bebidas e cosméticos. No entanto, este mercado não absorve todo o excedente da produção de biodiesel que vem aumentando em larga escala.

Tendo em vista que o Brasil consome aproximadamente 60 bilhões de litros de óleo diesel anualmente¹⁴ e que em sua composição deve haver 7% de biodiesel, o setor precisará produzir 4,2 bilhões de litros de biodiesel para suprir essa demanda. Essa produção colocará no mercado, aproximadamente, 420 milhões de litros de glicerina, visto que 10% do volume total resultante da produção de biodiesel é glicerina bruta,⁸ o que poderá gerar um excedente de glicerina, até então, não totalmente absorvido pelo mercado e que pode ser destinado à nutrição animal.

1.2.1 A glicerina na nutrição de ruminantes

O crescente consumo de alimentos de origem animal tem estimulado os produtores a buscarem alternativas de intensificação dos sistemas de produção. A nutrição tem sido ferramenta essencial para que se consiga abater animais em tempo mais curto, aumentando o capital de giro e a rotatividade da propriedade. Os subprodutos da indústria do biodiesel, em especial a glicerina, surgem como uma opção muito interessante para a nutrição animal.

Várias pesquisas têm sido desenvolvidas utilizando a glicerina na alimentação animal em substituição parcial aos cereais¹⁵⁻²² devido às suas características energéticas semelhantes ao milho.

De acordo com Abo El-Nor et al.,²³ a inclusão de glicerina na dieta não alterou a digestibilidade da matéria seca, o pH do líquido ruminal, a concentração molar de propionato e o nitrogênio amoniacal. Entretanto, houve redução do ácido acético e aumento do butirato, valerato e isovalerato. Por outro lado, a inclusão de 72 a 108g de glicerina/kg de matéria seca influenciou negativamente a digestibilidade da fibra em detergente neutro e a relação acetato:propionato.²³

Zawadzki¹⁹ observou que a substituição de 20% de milho grão por glicerina na matéria seca da dieta não acarretou prejuízos no desempenho animal. Além disso, esse autor observou melhores resultados para peso de carcaça e digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta.

Cruz et al.²⁰ substituíram 160 g kg⁻¹ do milho por glicerina na matéria seca da dieta e não observaram alterações no desempenho animal, eficiência alimentar e digestibilidade aparente da dieta, em relação ao grupo que não recebeu glicerina na dieta.

Françoso et al.¹⁸ demonstraram que é possível a inclusão de 120 g kg⁻¹ de glicerina na dieta, com base na matéria seca, em substituição ao milho em dietas de bovinos em terminação, sem afetar a composição de carcaça e a qualidade da carne. Os mesmos autores observaram pequeno efeito sobre o desempenho e o perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi*.

Eiras et al.²¹ concluíram, em estudo com bovinos confinados em terminação, que a digestibilidade aparente total da matéria seca, matéria orgânica, proteína, carboidratos não fibrosos e dos carboidratos totais, e a eficiência alimentar aumentaram linearmente em resposta à inclusão de glicerina nas dietas (0, 60, 120 ou 180 g kg⁻¹ de matéria seca).

Por outro lado, as digestibilidades do extrato etéreo e da fibra em detergente neutro, o consumo de matéria seca, o peso final e ganho médio diário não foram influenciados. Os autores concluíram que a glicerina pode substituir parcialmente o milho e compor até 180 g kg⁻¹ da dieta.

Em avaliações realizadas na carne dos animais provenientes desse mesmo estudo, Eiras et al.²² observaram que a inclusão de 18% (180 g kg⁻¹ de matéria seca) de glicerina, em substituição ao milho, reduziu a concentração de ácidos graxos saturados e aumentou a dos ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados.

Serrano²⁴ observou que a inclusão de 120 g/kg de glicerina bruta na dieta de bovinos de corte confinados, com base na matéria seca, não influenciou a ingestão de matéria seca, a digestibilidade parcial e total dos nutrientes, a cinética ruminal nem a síntese de proteína microbiana. O autor observou também que a digestibilidade intestinal e total do extrato etéreo melhorou com a inclusão da glicerina na dieta. O pH e a concentração de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal diminuíram à medida que aumentou o nível de glicerina na dieta.

Van Cleef et al.²⁵ observaram efeito negativo sobre a digestibilidade da fração fibrosa da dieta, quando utilizaram 300 g kg⁻¹ de glicerina bruta, com base na matéria seca, em dietas para bovinos confinados. Por outro lado, os autores não observaram prejuízos ao desempenho e às características de carcaça desses animais e concluíram que a glicerina pode ser uma boa fonte de energia em dietas para bovinos, quando alimentados com até 30% deste subproduto.

Em estudo realizado por Oliveira,²⁶ a inclusão de 150 g kg⁻¹ de glicerina bruta na dieta, com base da matéria seca, reduziu o ganho de peso de animais inteiros Nelore, ou cruzados com Red Angus. A autora também observou, em avaliação de nove músculos (*Biceps femoris*, coxão duro; *Biceps femoris* porção dorsal, picanha; *Gluteus medius*, alcatra; *Longissimus dorsi*, contra filé; *Psoas major*, filé mignon; *Semimembranosus*, lagarto; *Semitendinosus*, coxão mole; *Tensor da fascia latae*, maminha; e *Vatus lateralis*, patinho) que a inclusão de glicerina bruta promoveu hipertrofia diferencial das fibras musculares do contra filé. Em contrapartida, a autora observou que a inclusão de 50 g kg⁻¹ ou 150 g kg⁻¹ de glicerina bruta na dieta desses animais não afetou as características qualitativas avaliadas, concluindo dessa forma que é possível usar esse coproduto e obter produção de carne com qualidade desejável ao consumidor.

1.2.2 Metabolismo ruminal do glicerol

Segundo Roger et al.,²⁷ o glicerol está presente nos fosfolipídios das plantas e nos óleos vegetais. Dessa forma, é um nutriente normalmente encontrado na dieta dos ruminantes, representando cerca de 2 a 4 g/kg de matéria seca ingerida.

De todo o glicerol que chega ao rúmen, 13% desaparecem por passagem com a digesta, 43% são absorvidos pela parede e 44% fermentados, com valores variando de acordo com a quantidade e a forma de fornecimento do glicerol.²⁸

De acordo com Zawadzki et al.,²⁹ o glicerol não metabolizado pelos microrganismos do rumem é absorvido pela corrente sanguínea e metabolizado no fígado até glicose, ou usado na síntese de triacilglicerol. No fígado, o destino do glicerol absorvido é a oxidação pela via glicolítica, com necessidade da enzima glicerol quinase. Entretanto, quando há alta demanda de glicose, como no caso de vacas em lactação, o destino do glicerol passa a ser a gliconeogênese, juntamente com o propionato.³⁰

O glicerol é o precursor do gliceraldeído-3-fosfato, um intermediário da lipogênese (tecido adiposo) e também da gliconeogênese (fígado), fornecendo também energia pela via glicolítica e do ciclo do ácido cítrico.³¹ Assim, uma vez no sangue, o glicerol pode ser convertido à glicose via gliconeogênese ou oxidado para a produção de energia via glicólise e ciclo do ácido cítrico. O glicerol também é componente principal dos triacilgliceróis, podendo ser incluído nesses (reserva), ou ainda nos fosfolipídeos de membrana.³²

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fontes RAA (2010) Cadeia Produtiva do Biodiesel e seus Impactos Socioambientais no estado do Mato Grosso. In: XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Associação de Geógrafos Brasileiros, pp. 12.
2. Brasil - LEI-11.097. *Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira* (2005) <http://www.planalto.gov.br> [Acesso 14 janeiro 2015].
3. Abdalla LA, Filho JCS, Godoi AR, Carmo CA, Eduardo JLP, Utilização de subprodutos na indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. *R Bras Zootec* **37**: 260-268 (2008).
4. Brasil - LEI-13.033. *Dispõe sobre a adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado com o consumidor final* (2014). <http://www.planalto.gov.br> [Acesso 14 janeiro 2015].
5. ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. Superintendência de refino e processamento de gás natural (SRP), *Boletim Mensal de Biodiesel* (2014). <http://www.anp.gov.br> [Acesso 14 janeiro 2015].
6. Zhou CH, Beltramini JN, Fan YX, Lu GQ, Chemoselective catalytic conversion of glycerol as a biorenewable source to valuable commodity chemicals. *Chem Soc Rev* **37**: 527- 549 (2008).
7. Ooi TL, Yong KC, Hazimah AH, Dzulkefly K, Wan Yunus WMZ, Glycerol residue - a rich source of glycerol and medium chain fatty acids. *J Oleo Sci* **53**: 29-33 (2004).

8. Rodrigues FV, Rondina, Alternativas de uso de subprodutos da cadeia do biodiesel na alimentação de ruminantes: glicerina bruta. *Acta Vet Brasilica* **7**: 91-99 (2013).
9. IUPAC, *Nomenclatura de Compostos Orgânicos, Recomendações*. Publicações Científicas Blackwell, ed. por R Panico, WH Powell e Richer JC, pp. 7 (1993).
10. Carvalho PLO, Moreira I, Scapinello C, Plano LM, Gallego AG, Moresco G, Crude glycerine in growing and finishing pigs feeding. *Semina: Cienc Agr* **34**: 1399-1410 (2013).
11. Südekum KH, Co-products from biodiesel production, in *Recent Advances in Animal Nutrition*, ed. by Garnsworthy PC, Wiseman J, Nottingham: Nottingham University Press, pp. 210-219 (2008).
12. Brasil – RESOLUÇÃO-386. *Regulamento técnico sobre aditivos utilizados segundo as boas práticas de fabricação e suas funções* (1999). <http://portal.anvisa.gov.br> [Acesso 14 janeiro 2015].
13. Paule BJA, *Glicerina, subproduto da indústria do biodiesel, perspectivas de uso na alimentação animal* (2010) <http://www.agricultura.gov.br> [Acesso 18 janeiro 2015].
14. ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. Superintendência de refino e processamento de gás natural (SRP), *Consumo de combustíveis no Brasil cresceu 5,28% na comparação entre 2013 e 2014* (2015). <http://www.anp.gov.br> [Acesso 14 janeiro 2015].
15. Parsons GL, Shelor MK and Drouillard JS, Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. *J Anim Sci* **87**: 653-657 (2009).
16. Farias MS, Prado IN, Valero MV, Zawadzki F, Silva RR, Eiras CE, Rivaroli DC, Lima BS, Glycerine levels for crossbred heifers growing in pasture: performance, feed intake, feed efficiency and digestibility. *Semina: Cien Agr* **33**: 1177-1188 (2012a).
17. Farias MS, Silva RR, Zawadzki F, Eiras CE, Lima BS, Prado IN, Glycerin levels for crossbred heifers supplemented in pasture: intake behavior. *Acta Sci. Anim Sci* **34**: 63-69 (2012b).
18. Françoso MC, Prado IN, Cecato U, Valero MV, Zawadzki F, Ribeiro OR, Prado RM, Visentainer JV, Growth performance, carcass characteristics and meat quality of finishing bulls fed crude glycerin supplemented diets. *Braz Arch Biol Technol* **56**: 327-336 (2013).

19. Zawadzki F, *Glicerina, antioxidantes e carotenoides sobre a qualidade e traçabilidade da carne de bovinos e ovinos*. Tese, Universidade Estadual de Maringá, pp. 202 (2013).
20. Cruz OTB, Valero MV, Zawadzki F, Rivaroli DC, Prado RM, Lima BS, Prado IN, Effect of glycerine and essential oils (*Anacardium occidentale* and *Ricinus communis*) on animal performance, feed efficiency and carcass characteristics of crossbred bulls finished in a feedlot system. *Ital J Anim Sci* **13**: 790-797 (2014).
21. Eiras CE, Barbosa LP, Marques JA, Araújo FL, Lima, BS, Zawadzki F, Perotto D, Prado IN, Glycerine levels in the diets of crossbred bulls finished in feedlot: apparent digestibility, feed intake and animal performance. *Anim Feed Sci Tech* **197**: 222-226 (2014).
22. Eiras CE, Marques JA, Prado RM, Valero MV, Bonafé EG, Zawadzki F, Perotto D, Prado IN, Glycerine levels in the diets of crossbred bulls finished in feedlot: Carcass characteristics and meat quality. *Meat Sci* **96**: 930-936 (2014).
23. Abo El-Nor S, Abughazaleh A, Potu R, Hastings D, Khattab M, Effects of differing levels of glycerol on rumen fermentation and bacteria. *Anim Feed Sci Tech* **162**: 99-105 (2010).
24. Serrano RCD, *Glicerina bruta e ureia de liberação lenta na alimentação de bovinos de corte*. Tese, Universidade Estadual de Maringá, pp. 63 (2011).
25. Van Cleef EHCB, Ezequiel JMB, D`Aurea AP, Fávares VR, Sançanari JBD, Crude glycerin in diets for feedlot Nelore cattle. *R Bras Zootec* **43**: 86-91 (2014).
26. Oliveira IM, *Glicerina bruta na dieta de bovinos nelore e f1 red angus x nelore: desempenho, características de carcaça e avaliação qualitativa de nove músculos, maturados ou não*. Tese, Universidade Federal de Viçosa, pp. 111 (2014).
27. Roger V, Fonty G, Andre C, Gouet P, Effect of glycerol on the growth, adhesion and cellulolytic activity of rumen cellulolytic bacteria and anaerobic fungi. *Curr Microbiol* **5**: 197-201 (1992).
28. Krehbiel CR, Ruminal and physiological metabolism of glycerin. *J Anim Sci* **86**:392, Supplement (2008).
29. Zawadzki F, Valero MV, Prado IN, Uso de aditivos na dieta de bovinos de corte, in *Produção de bovinos de corte e qualidade da carne*, ed. Por Prado IN, Eduem, Maringá, pp. 242 (2010).

30. Donkin SS, Glycerol from Biodiesel Production: The new corn for dairy cattle. *R Bras Zootec* **37**: 280-286 (2008).
31. Brisson D, Vohl MC, St-Pierre J, Hudson TJ, Gaudet D, Glycerol: a neglected variable in metabolic process. *BioEssays* **23**: 534-542 (2001).
32. Lehninger AL, *Princípios de Bioquímica*. Sarvier, São Paulo, pp. 725 (2011).

II. OBJETIVOS GERAIS

Estudar os efeitos da adição de glicerina bruta (0, 70, 140 e 210 g kg⁻¹ da matéria seca na dieta total), em substituição ao milho em dietas de alto desempenho sobre o consumo, a digestibilidade aparente dos nutrientes, o desempenho animal, e o rendimento de carcaça quente de bovinos confinados.

III. CONSUMO, DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES E DESEMPENHO EM BOVINOS DE CORTE CONFINADOS ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO GLICERINA

INTRODUÇÃO: O presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o uso de glicerina na alimentação de bovinos de corte e seus efeitos sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta, o consumo de matéria seca, o ganho diário, a eficiência alimentar e o rendimento de carcaça quente. Foram utilizados 32 tourinhos Brangus, não castrados, confinados em baias individuais, com peso médio inicial de 380 ± 20 kg, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado. As dietas experimentais foram formuladas para conter 0, 70, 140 e 210 g de glicerina kg^{-1} de matéria seca em substituição ao milho na dieta total.

RESULTADOS: A inclusão de glicerina até 210 g kg^{-1} na dieta não influenciou ($P>0,05$) a digestibilidade aparente da matéria seca (738,1 g kg^{-1}), matéria orgânica (747 g kg^{-1}), proteína bruta (755,1 g kg^{-1}), fibra em detergente neutro (580,2 g kg^{-1}) e os nutrientes digestíveis totais (707,2 g kg^{-1}). A inclusão de glicerina na dieta não influenciou ($P>0,05$) o consumo de matéria seca total (10.667 g kg^{-1}). Ainda não foram influenciados pelo uso da glicerina a eficiência alimentar (0,133 kg kg^{-1}), o ganho médio diário (1,42 kg) e o rendimento de carcaça quente (543,7 kg kg^{-1}).

CONCLUSÃO: A glicerina pode substituir o milho como fonte de energia para bovinos confinados e alimentados com dietas com alta concentração de energia, sem alterar a digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta, o consumo, o ganho diário, a eficiência alimentar e o rendimento de carcaça quente.

PALAVRAS-CHAVE: biodiesel, bovinocultura de corte, coproduto, glicerol

BACKGROUND: This study was conducted to evaluate the use of glycerin in beef cattle diets and its effect on apparent digestibility of nutrients, dry matter intake, daily gain, feed efficiency and hot carcass yield. Thirty-two Brangus bulls were used, housed in individual pens, with 380 ± 20 kg initial average weight and distributed in a completely randomized design. Experimental diets were formulated to contain 0, 70, 140 and 210 g glycerin kg^{-1} replacing corn in the dry matter of total diet.

RESULTS: Inclusion of glycerin in the diets up to 210 g kg^{-1} did not influence ($P>0.05$) apparent digestibility of dry matter (738.1 g kg^{-1}), organic matter (747 g kg^{-1}), crude protein (755.1 g kg^{-1}), neutral detergent fiber (580.2 g kg^{-1}) and total digestible nutrients (707.2 g kg^{-1}). Glycerin inclusion in the diets did not influence ($P>0.05$) total dry matter intake (10.667 kg dia^{-1}). Inclusion of glycerin in the diets up to 210 g kg^{-1} did not influence ($P>0.05$) feed efficiency (0.133 kg kg^{-1}), average daily gain (1.42 kg) and hot carcass yield (543.7 kg kg^{-1}).

CONCLUSION: Glycerin can replace corn, as an energy source, for feedlot beef cattle fed high-energy diets without changing apparent digestibility of nutrients, intake, daily gain, feed efficiency and hot carcass yield.

KEYWORDS: biodiesel, beef cattle, co-products, glycerol

INTRODUÇÃO

A produção de biodiesel é vista como uma importante alternativa à diversificação da matriz energética, tanto brasileira como mundial. A produção deste combustível gera benefícios econômicos e sociais, na medida em que gera emprego e renda, e benefícios ambientais, diminuindo a emissão de gases de efeito estufa, além de aumentar as divisas do país¹. O Brasil se destaca no panorama mundial do biodiesel por sua grande diversidade em grãos, fontes de extração de óleo vegetal, e pelo expressivo abate de bovinos, que fornecem matéria-prima para a produção de biocombustíveis.

Diante desse grande potencial produtivo, o Brasil lançou, em 2004, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel², que tem como objetivo a produção economicamente viável desse combustível. Em decorrência desse Programa, observou-se um aumento na disponibilidade de coprodutos oriundos do processamento desse biodiesel. A glicerina, um desses coprodutos, apresenta alta concentração de energia, e tem recebido destaque na nutrição animal, sendo utilizada como fonte energética em substituição ao milho, sem acarretar prejuízos ao desempenho animal, à digestibilidade de nutrientes, características de carcaça e qualidade da carne.³⁻⁵

Tendo em vista que o Brasil consome aproximadamente 60 bilhões de litros de óleo diesel anualmente e que em sua composição deve haver 7% de biodiesel,⁶ o setor precisará produzir 4,2 bilhões de litros de biodiesel para suprir essa demanda, colocando no mercado, aproximadamente, 420 milhões de litros de glicerina, visto que 10% do volume total resultante da produção de biodiesel é glicerina⁷. A rápida expansão das indústrias de biodiesel coloca no mercado um excedente de glicerina, até então não totalmente absorvido pelo mercado, sendo necessária a busca por novas formas de utilização desse coproduto.⁸

Como o custo de produção de animais confinados ainda é considerado alto, há grande interesse pelo uso de alimentos alternativos que possam substituir parte dos grãos utilizados nos concentrados, sem prejudicar os aspectos fisiológicos, metabólicos ou desempenho dos animais.⁹ Com a oscilação dos preços das *commodities* e as constantes alterações climáticas, justifica-se a necessidade de utilizar fontes alternativas em substituição parcial dos produtos convencionais.

Desta forma, objetivou-se avaliar a inclusão de glicerina em substituição ao milho na dieta total, sobre o consumo, o desempenho e a digestibilidade aparente dos nutrientes de bovinos confinados.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Avaliação de Alimentos para Ruminantes da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI) e no Laboratório de Análise e Nutrição Animal - LANA, ambos pertencentes à Universidade Estadual de Maringá.

Foram utilizados 32 bovinos da raça Brangus, machos não castrados, com peso inicial de 380 ± 20 kg e 20 meses de idade. Antes de iniciar o período experimental, os animais foram pesados individualmente e distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 8 unidades experimentais cada. Os animais foram submetidos a um período de adaptação, às instalações e às dietas experimentais, de 21 dias, seguido de 5 períodos experimentais de 21 dias cada.

Os animais foram mantidos em sistema de confinamento em baias individuais, com 6 m² cada, dotadas de comedouro individual e bebedouro automático. As dietas foram formuladas com bagaço de cana e concentrado (milho, farelo de soja, ureia e minerais; Tabela 1), para obter uma mistura com 15% de volumoso e 85% de concentrado. As dietas experimentais foram obtidas pela substituição do milho por glicerina conforme

segue: sem adição de glicerina (CON); 70g de glicerina por kg de matéria seca (GLI7); 140g de glicerina por kg de matéria seca (GLI14) e 210g de glicerina por kg de matéria seca (GLI21).

A glicerina utilizada foi obtida da produção do biodiesel a partir do óleo de soja e está registrada no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, para uso na nutrição animal, sob o número MT – 65498 10006.

As dietas isoproteicas foram formuladas e balanceadas para atender às exigências nutricionais para ganho de 1,4 kg/dia.¹⁰ Os alimentos foram fornecidos na forma de mistura completa, à vontade, em duas refeições diárias (08h:00 e 16h:00) de modo a permitir sobras de 5% em relação ao fornecido.

A digestibilidade aparente dos nutrientes foi estudada no segundo período experimental, com 5 dias de coleta. A coleta das fezes foi realizada após defecação espontânea e as amostras frescas coletadas no piso da baia, em horários alternados do dia. As amostras de sobras foram mensuradas e amostradas diariamente, durante os cinco dias de coleta. Durante esses dias, as amostras de alimentos, sobras e fezes foram congeladas a -20° C, para posteriores análises.

Essas amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 55°C, por 72 horas, e após foi feita uma amostra composta com base no peso seco, para formar amostras compostas por animal. Esta amostra composta foi dividida em duas subamostras, uma parte foi moída em moinho do tipo faca, utilizando peneira de crivos de 1mm, e a outra em crivos de 2mm. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno, hermeticamente fechados e identificados.

O indicador interno utilizado para estimar a produção fecal foi a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi).¹¹⁻¹³ A percentagem de indicador foi obtida após a incubação dos alimentos, sobras e fezes (0,5 g), moídas em peneiras de crivo de 2 mm,

alocadas em sacos modelo Ankon® F57, por 288 horas, seguindo o método de Huhtanen et al.¹⁴ no rúmen de duas vacas holandesas, que foram previamente adaptadas a dieta.

Para as análises bromatológicas, uma parte de cada amostra, tanto do período 2 (digestibilidade) como de todo o experimento (desempenho), moída em peneira com crivo de 1 mm, foi então analisada para tores de matéria seca (MS)¹⁵, matéria orgânica (MO)¹⁵, matéria mineral (MM)¹⁵, proteína bruta (PB)¹⁵, fibra em detergente neutro (FDN)¹¹ e fibra em detergente ácido (FDA).¹⁶

O consumo dos animais foi determinado subtraindo-se a quantidade de sobras da quantidade de alimento fornecido diariamente, sendo estas recolhidas e pesadas, antes do fornecimento do primeiro trato do dia. O ajuste do consumo foi realizado sempre que necessário, visando obter 5% de sobras.

Para determinar o desempenho dos animais e proporcionar o ajuste da quantidade de alimento fornecido, foram realizadas pesagens ao final de cada período experimental (21 dias), com os animais em jejum de sólidos por um período de 14 horas.

O peso e o rendimento da carcaça quente foram obtidos no frigorífico, no momento do abate dos animais, sendo este realizado em frigorífico comercial.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e oito unidades experimentais cada. Os dados foram submetidos à análise de variância, seguida de um teste de regressão polinomial a 5% de probabilidade, através do pacote estatístico SAS.¹⁷

RESULTADOS

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e fibra em detergente neutro não foram influenciados ($P>0,05$) pela inclusão de glicerina na dieta dos bovinos (Tabela 3) até a concentração de 210 g

kg⁻¹ de MS. Os valores médios de CDAMS, CDAMO, CDAPB e CDAFDN foram 738, 755, 747 e 580 g kg⁻¹ de MS, respectivamente. Da mesma forma, os nutrientes digestíveis totais (NDT) também não foram influenciados pela inclusão de glicerina na dieta (P>0,05), com valor médio de 707 g kg⁻¹ de MS (Tabela 3).

Os dados referentes ao consumo, desempenho e eficiência alimentar são apresentados na Tabela 4. Não foram observadas diferenças entre os tratamentos (P>0,05) para o consumo de matéria seca e eficiência alimentar (Tabela 4). O uso de glicerina até a concentração de 210 g kg⁻¹ de MS também não alterou (P>0,05) o peso corporal final (522,2 kg) e o ganho médio (1,42 kg dia⁻¹), bem como peso de carcaça quente (283,8 kg) e rendimento de carcaça quente (543,7 kg kg⁻¹) (Tabela 4).

DISCUSSÃO

No presente estudo, o consumo diário de glicerina foi de 733, 1438 e 2265 g/dia, para as dietas GLI7, GLI14 e GLI21, respectivamente. Como as porcentagens de glicerina na dieta em diferentes experimentos são muito variáveis, destaca-se a importância de associar o peso médio dos animais, o consumo de matéria seca e o teor de glicerina na dieta, no sentido de obter o consumo diário de glicerina por kg de peso corporal. Essa informação dará maior segurança nas avaliações de causa e efeito, e respostas em diferentes situações. No presente experimento, a dieta GLI21 forneceu aos animais 5,1 g de glicerina por kg de peso corporal. Em experimentos com ovinos, níveis mais elevados de glicerina têm sido estudados, com valores variando de 5,6¹⁸ a 9,5¹⁹ g kg de PC⁻¹. No entanto, em bovinos predominam valores inferiores a 3,5²⁰⁻²³ g kg de PC⁻¹. Mas alguns estudos adotaram um consumo acima de 6,2^{24,25} g kg de PC⁻¹.

Avila-Stagno²⁶ estudou os mesmos níveis de inclusão de glicerina na dieta usados no presente estudo, mas com ovinos, e no nível mais alto de inclusão (210 g kg⁻¹ MS) os

animais consumiram 6,8 g de glicerina kg PC⁻¹. No experimento de Avila-Stagno,²⁶ as dietas não continham milho como fonte de grãos e sim cevada, que foi substituída pela glicerina, e mesmo com a alta inclusão os autores não observaram efeito da inclusão de glicerina sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes.

Os resultados obtidos nesse estudo reforçam aqueles obtidos anteriormente por Avila-Stagno²⁶ e por Cruz et al.,³ que forneceram maior (6,8 g) e menor (3,3 g) quantidades de glicerina por kg de PC do que aqui (5,1 g). Cruz et al.³ trabalharam com bovinos confinados, consumindo uma dieta com 49% de milho, e verificaram que a digestibilidade aparente dos nutrientes não foi influenciada pela substituição de 1/3 do milho com glicerina (160 g de glicerina kg de MS⁻¹).

Van Cleef et al.²⁵ utilizaram glicerina na dieta de bovinos nos níveis de inclusão de 75, 150, 225 e 300 g kg⁻¹ de MS e observaram uma redução linear (P<0,05) na digestibilidade *in vitro* da FDN e aumento linear (P<0,05) na digestibilidade *in vitro* da proteína bruta. Mas, nesse caso, há uma consideração importante, os resultados *in vitro* nem sempre são compatíveis com *in vivo*.

Em nenhum dos experimentos citados anteriormente a inclusão de milho foi semelhante à usada no presente estudo (768 g kg⁻¹ de MS). No experimento de Avila-Stagno²⁶ a principal fonte de energia foi a cevada, no de Cruz et al.³ o milho participou com 493 g kg⁻¹ de MS, e no de Van Cleef et al.²⁵ esse grão entrou em no máximo 350 g kg⁻¹. Esses resultados reforçam a possibilidade de substituir até 1/3 do milho, quando esse é a principal fonte de energia na dieta, com inclusão de glicerina em nível de até 210 g kg de MS⁻¹, conforme verificado anteriormente.

A manutenção do consumo de matéria seca em níveis elevados ao longo de todo o período de confinamento é fundamental para a obtenção de ganhos mais altos. No presente estudo, conduzido por 105 dias, foi observado um alto consumo, com valor

médio de 23,77 g kg de PC⁻¹ (10,7 kg dia⁻¹), proporcionando ganho médio diário de 1,42 kg, e a inclusão de glicerina em até 210 g kg de MS⁻¹ não prejudicou esses parâmetros. Anteriormente, Gunn et al.²⁴ também não haviam observado redução de consumo em bezerros desmamados, quando a glicerina compôs 300 g kg⁻¹ da dieta e substituiu totalmente o milho. Dietas com 100 g de glicerina kg MS⁻¹, sem inclusão de milho²¹ e com milho floculado,²³ também não influenciaram o consumo quando comparadas àquelas sem glicerina. Em outros estudos, onde foram utilizados 120,²² 160³ e 300²⁵ g kg de MS⁻¹ de glicerina, também não houve efeito da adição desse coproduto sobre o consumo de matéria seca. Ao contrário, Parsons et al.²⁰ observaram que quando a glicerina foi adicionada à dieta de novilhas confinadas acima de 40 g kg de MS⁻¹ houve redução do consumo. É importante destacar, no entanto, que a dieta usada por Parsons²⁰ continha maior inclusão de milho (826 g kg MS⁻¹).

Juntamente com os resultados acima, os obtidos nesse estudo corroboram a possibilidade de alta inclusão de glicerina, provavelmente entre 200 e 300 g kg MS⁻¹, no que concerne ao consumo de matéria seca por bovinos, mas é importante considerar a composição da dieta. Além disso, inconsistências nos protocolos industriais para obtenção do biodiesel, resultando numa ampla faixa de conteúdo de sódio e extrato etéreo, podem explicar diferenças no consumo.²⁰

Os resultados obtidos nesse estudo mostram que a inclusão de glicerina na formulação de dietas para confinamento, com inclusão de até 210 g kg de MS⁻¹, em substituição a 1/3 do milho, é perfeitamente viável. Resultados de ganho de peso, obtidos em estudos anteriores com inclusão de 100,²¹ 160³ e 300²⁵ g kg MS⁻¹, foram confirmados pelos resultados do presente estudo. Dois outros estudos, conduzidos por Parsons et al.²⁰ e Hales et al.,²³ mostraram uma resposta diferente. Parsons et al.²⁰ verificaram uma resposta quadrática do ganho de peso em relação à inclusão de

glicerina na dieta, ocorrendo aumento no ganho entre 20 e 40 g kg de MS⁻¹, já Hales et al.²³ observaram que isso ocorreu com inclusão mais elevada, entre 75 e 100 g kg de MS⁻¹, mas como ambos não apresentam as equações de regressão, em nenhum dos casos é possível definir a melhor inclusão. Destaca-se que, no caso, as dietas eram muito diferentes: enquanto Parsons et al.²⁰ trabalharam com inclusão de milho acima de 800 g kg de MS⁻¹, Hales et al.²³ usaram no máximo 360 g kg de MS⁻¹ de milho floculado. Resultados positivos da inclusão de glicerina na dieta de animais confinados foram obtidos por Gunn et al. (P<0,004)²⁴ e França et al. (P<0,08),²² com inclusão de 150 e 120 g kg MS⁻¹, respectivamente. Os resultados relativos a ganho de peso em bovinos confinados sugerem que a melhor resposta provavelmente ocorre abaixo de 150 g kg MS⁻¹ de inclusão de glicerina na dieta, mas que níveis mais altos podem ser usados sem afetar o ganho, e que o fator decisivo será a análise econômica.

Outro parâmetro importante em confinamento de bovinos é a eficiência alimentar (EA), pois apresenta estreita relação com a eficiência econômica, fator decisivo para o sucesso da atividade. Os resultados obtidos nesse estudo mostraram não haver prejuízo sobre a EA quando incluiu-se glicerina na dieta em até 210 g kg MS⁻¹. Resultados semelhantes já haviam sido obtidos com inclusão de glicerina na dieta na concentração de 100,²¹ 120,²² 160³ e 300^{24,25} g kg MS⁻¹. Hales et al.²³, por outro lado, observaram queda linear na eficiência alimentar quando os níveis de inclusão de glicerina na dieta subiram de 25 para 100 g kg MS⁻¹. Esses autores atribuíram esse resultado a dois fatores. O primeiro decorrente de terem usado dietas com maior proporção de volumoso do que outros estudos realizados com glicerina em confinamento. E o segundo, decorrente da glicerina ter substituído milho floculado e não milho moído, sugerindo que nesse caso a glicerina apresenta menor valor energético. Outra possível causa para os resultados de Hales et al.²³ é que a digestibilidade do glicerol diminui linearmente

quando a concentração de glicerina na dieta aumenta de 50 para 200²⁷ g kg MS⁻¹, e dependendo dos alimentos que compõem a dieta, a concentração de energia líquida para ganho (EL_g, Mcal kg⁻¹) pode diminuir. Já Parsons et al.²⁰ observaram um aumento quadrático na eficiência alimentar, com o melhor resultado ocorrendo até 40 g kg MS⁻¹.

A inclusão de glicerina na dieta em até 210 g kg⁻¹ não influenciou o peso de carcaça quente (PCQ; 283,8 kg) e o rendimento de carcaça quente (RCQ; 543,7 g kg⁻¹). Esses resultados confirmam outros obtidos anteriormente, onde a glicerina foi utilizada em dieta de bovinos confinados em concentrações de 100,²¹ 120,²² 160³ e 300^{24,25} g kg MS⁻¹. Apenas um estudo, o de Parsons et al.²⁰, mostra resultado diferente para PCQ, pois constataram que a inclusão de até 80 g kg⁻¹ de glicerina na dieta pode efetivamente aumentar esse parâmetro. Considerando esses diferentes estudos, parece haver um consenso de que o uso de glicerina em até 300 g kg MS⁻¹ parece não influenciar PCQ e RCQ.

CONCLUSÃO

A glicerina pode compor até 21% da dieta total e substituir até 32% do milho em dietas para alto desempenho em bovinos confinados, sem influenciar a digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta, o consumo, o ganho de peso diário, a eficiência alimentar e o rendimento de carcaça quente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ferreira RB, Neto ACB, Nabout JC, Jesus FF, Caetano JM e Teixeira IR, Tendências na literatura científica global sobre o biodiesel: uma análise cienciométrica. *Biosc J* **30**: 547-554 (2014).
2. Brasil - Lei-11.097. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. Distrito Federal, Brasil, 2005. <http://www.planalto.gov.br> [4 dezembro 2014].
3. Cruz OTB, Valero MV, Zawadzki F, Rivaroli DC, Prado RM, Lima BS e Prado IN, Effect of glycerine and essential oils (*Anacardium occidentale* and *Ricinus communis*) on animal performance, feed efficiency and carcass characteristics of crossbred bulls finished in a feedlot system. *Ital J Anim Sci* **13**: 790-797 (2014).
4. Eiras CE, Barbosa LP, Marques JA, Araújo FL, Lima BS, Zawadzki F, Perotto D e Prado, IN, Glycerine levels in the diets of crossbred bulls finished in feedlot: apparent digestibility, feed intake and animal performance. *Anim Feed Sci Tech* **197**: 222-226 (2014).
5. Eiras CE, Marques JA, Prado RM, Valero MV, Bonafé EG, Zawadzki, F, Perotto D e Prado IN, Glycerine levels in the diets of crossbred bulls finished in feedlot: Carcass characteristics and meat quality. *Meat Sci* **96**: 930-936 (2014).
6. ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis, Consumo de combustíveis no Brasil cresceu 5,28% na comparação entre 2013 e 2014. (2015) <http://www.anp.gov.br> [10 fevereiro 2015].
7. Rodrigues FV e Rondina D. Alternativas de uso de subprodutos da cadeia do biodiesel na alimentação de ruminantes: glicerina bruta. *Acta Vet Brasilica* **7**: 91-99 (2013).
8. Mota CJA, Silva CXA e Gonçalves VLC, Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da Glicerina de produção de biodiesel. *Quim Nova* **32**: 639-648 (2009).
9. Lage JF, Paulino PVR, Pereira LGR, Filho SCV, Oliveira AS, Detmann E, Souza NKP e Lima, JCM, Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento. *Pesq Agropec Bras* **45**: 1012-1020 (2010).
10. NRC, National Research Council – *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. National Academy Press, Washington, pp. 248 (2000).
11. Van Soest PJ, Robertson JB and Lewis BA, Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* **74**: 3583-3597 (1991).
12. Van Soest PJ, Forage evaluation techniques, in *Nutritional Ecology of the ruminant*. Ed by Van Soest PJ. Cornell University Press, New York, pp.108-121, (1994).
13. Zeoula LM, Prado IN, Dian PHM, Geron LJV, Caldas Neto SF, Maeda EM, Peron PD, Marques JA, Falcão AJS, Fecal recuperation of internal markers in assay with ruminants. *R Bras Zootec* **31**: 1865-187 (2002).
14. Huhtanen, P, Kaustell K, Jaakkola S, The use of internal markers to predict total digestibility and duodenal flow of nutrients in cattle given six different diets. *Anim Feed Sci Tech* **48**: 211-227 (1994).
15. AOAC, *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Arlington, pp. 1230 (1990).
16. Van Soest PJ, Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forage. *J Anim Sci* **26**: 119-128 (1967).

17. SAS – SAS/STAT. *Statistical Analysis System*. User's guide, version 9.0 (Compact Disc). Cary (2004).
18. Gunn PJ, Neary MK, Lemenager RP, Lake SL, Effects of crude glycerin on performance and carcass characteristics of finishing wether lambs. *J Anim Sci* **88**: 1771-1776 (2010).
19. Gunn PJ, Schultz AF, Van Emon ML, Neary MK, Lemenager RP, Rusk CP, and S. Lake, Effects of elevated crude glycerin concentrations on feedlot performance, carcass characteristics, and serum metabolite and hormone concentrations in finishing ewe and wether lambs. *Prof Anim Sci* **26**: 298–306 (2010).
20. Parsons GL, Shelor MK and Drouillard JS, Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. *J Anim Sci* **87**: 653-657 (2009).
21. Bartoň L, Bureš D, Homolka P, Jančík F, Marounek M and Řehák D. Effects of long-term feeding of crude glycerine on performance, carcass traits, meat quality, and blood and rumen metabolites of finishing bulls. *Livest Sci* **155**: 53-59 (2013).
22. Françoso MC, Prado IN, Cecato U, Valero MV, Zawadzki F, Ribeiro OR, Prado RM, Visentainer JV, Growth performance, carcass characteristics and meat quality of finishing bulls fed crude glycerin supplemented diets. *Braz Arch Biol Technol* **56**: 327-336 (2013).
23. Hales KE, Bondurant RG, Luebke MK, Cole NA and MacDonald JC, Effects of crude glycerin in steam-flaked corn-based diets fed to growing feedlot cattle. *J Anim Sci* **91**: 3875-3880 (2013).
24. Gunn PJ, Lemenager RP, Buckmaster DR, Claeys MC and Lake SL, Effects of dried distillers grains with soluble and crude glycerin on performance, carcass characteristics, and metabolic parameters of early weaned beef calves. *Prof Anim Sci* **27**: 283–294 (2011).
25. Van Cleef EHCB, Ezequiel JMB, D`Aurea AP, Fávoro VR, Sancanari JBD, Crude glycerin in diets for feedlot Nelore cattle. *R Bras Zootec* **43**: 86-91 (2014).
26. Avila-Stagno J, Chaves AV, He ML, Harstad OM, Beauchemin KA, McGinn SM and McAllister TA, Effects of increasing concentrations of glycerol in concentrate diets on nutrient digestibility, methane emissions, growth, fatty acid profiles, and carcass traits of lambs. *J Anim Sci* **91**: 829-837 (2013).
27. Ramos MH and Kerley MS, Effect of dietary crude glycerol level on ruminal fermentation in continuous culture and growth performance of beef calves. *J Anim Sci* **90**: 892-899 (2012).

Tabela 1. Composição das dietas experimentais (g kg⁻¹ de MS)

Ingredientes	Glicerina (g kg ⁻¹)			
	0	70	140	210
Bagaço de cana	150,0	150,0	150,0	150,0
Milho grão	768,0	691,0	609,0	523,0
Farelo de soja	52,0	59,0	71,0	87,0
Glicerina ¹	0,0	70,0	140,0	210,0
Ureia	13,0	13,0	13,0	13,0
Mistura mineral ²	17,0	17,0	17,0	17,0
Total	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0

¹Glicerol: 800 g kg⁻¹; umidade: 150 g kg⁻¹ (máx); cinzas: 75 g kg⁻¹ (máx); cloreto de sódio: 70 g kg⁻¹ (máx); metanol 2 mg kg⁻¹ (máx). ²Carbonato de cálcio: 533,1 g kg⁻¹; cloreto de potássio 222,5 g kg⁻¹; enxofre 38,3 g kg⁻¹; iodeto de cálcio 60,0 mg kg⁻¹; óxido de magnésio 48,0 g kg⁻¹; sal comum 149,4 g kg⁻¹; selenito de sódio 30 mg kg⁻¹; sulfato de cobalto 90 mg kg⁻¹; sulfato de cobre 3,93 g kg⁻¹; sulfato de manganês 1,85 g kg⁻¹; sulfato de zinco 2,75 g kg⁻¹, lasalocida 1,65 g kg⁻¹

Tabela 2. Composição química dos alimentos e das dietas experimentais (g kg⁻¹ de MS)

Composição química dos alimentos							
Ingredientes	MS	MO	MM	PB	FDN	FDA	
Bagaçõ de cana	422,0	954,9	42,2	14,8	943,0	699,7	
Milho grãõ	871,6	986,5	11,7	91,0	175,0	57,5	
Farelo de soja	881,4	934,3	57,8	553,0	140,2	108,0	
Glicerina	850,0	925,0	75,0	-	-	-	
Ureia	-	-	-	2810,0	-	-	
Premix mineral	-	-	-	-	-	-	
Composição química das dietas experimentais							
Glicerina g kg ⁻¹	MS	MO	MM	PB	FDN	FDA	NDT
0	782,5	949,5	20,5	137,6	284,2	154,8	706,1
70	783,9	945,8	25,2	134,6	271,7	151,1	713,9
140	785,4	939,8	30,2	134,0	259,1	147,7	708,4
210	786,9	934,7	35,3	118,5	246,2	144,5	700,2

Tabela 3. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína (CDAPB), fibra em detergente neutro (CDAFDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT)

Variáveis	Glicerina (g kg ⁻¹)				EPM ⁻¹	P<	
	0	70	140	210		Linear	Quadrática
CDAMS	731,0	739,3	741,1	741,0	1,00	0,472	0,672
CDAMO	739,0	750,8	749,7	748,3	0,98	0,535	0,499
CDAPB	761,1	747,4	758,2	753,6	1,14	0,814	0,690
CDAFDN	596,0	577,7	585,4	561,6	1,10	0,060	0,807
NDT	706,1	713,9	708,4	700,2	1,00	0,600	0,423

Tabela 4. Consumo de matéria seca (CMS), eficiência alimentar (EA), peso corporal inicial (PCI), peso corporal final (PCF), ganho médio diário (GMD), peso de carcaça quente (PCQ) e rendimento de carcaça quente (RCQ)

Variáveis	Glicerina (g kg ⁻¹)				EPM ⁻¹	P<	
	0	70	140	210		Linear	Quadrática
CMS (g)	11127,9	10476,4	10276,4	10789,6	362,96	0,464	0,113
EA (kg kg ⁻¹)	0,129	0,131	0,133	0,137	0,005	0,282	0,869
PCI (kg)	381,2	374,3	370,8	367,9	9,20	0,282	0,826
PCF (kg)	531,8	517,9	515,3	523,8	13,50	0,621	0,425
GMD (kg dia ⁻¹)	1,43	1,37	1,38	1,48	0,07	0,688	0,267
PCQ (kg)	290,2	280,4	282,1	282,6	7,96	0,546	0,519
RCQ (kg kg ⁻¹)	545,3	541,4	547,8	540,1	0,32	0,529	0,562

IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em diversos estudos realizados é possível observar que a glicerina pode ser incluída na dieta de ruminantes em substituição aos cereais, especialmente o milho, sem causar efeitos negativos sobre a fermentação ruminal, o consumo, o desempenho, a digestibilidade aparente dos nutrientes, as características de carcaça e a qualidade da carne.

O uso desse coproduto deve ser feito com cautela, sendo necessário conhecer a composição da glicerina a ser utilizada para sua correta aplicação, uma vez que a qualidade da glicerina produzida industrialmente pode ser muito variável, influenciando dessa forma os resultados a serem obtidos.

Outro fator importante a ser considerado, para o uso da glicerina em dietas, é o fator econômico. É através desse fator que serão definidos os valores de inclusão desse coproduto.