

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**GLICERINA BRUTA DE BAIXA PUREZA NA DIETA DE CAPRINOS EM
CONFINAMENTO**

RAYANE NUNES GOMES

**RECIFE – PE
JULHO - 2018**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**GLICERINA BRUTA DE BAIXA PUREZA NA DIETA DE CAPRINOS EM
CONFINAMENTO**

RAYANE NUNES GOMES
Licenciada em Ciências Agrárias

**RECIFE – PE
JULHO – 2018**

RAYANE NUNES GOMES

**GLICERINA BRUTA DE BAIXA PUREZA NA DIETA DE
CAPRINOS EM CONFINAMENTO**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Universidade Federal do Ceará e Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Produção animal

Comitê de orientação:

Prof^a. Dr^a. Antonia Sherlânea Chaves Vêras – Orientadora

Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho – Co-orientador

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira – Co-orientador

**RECIFE – PE
JULHO – 2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

G633g

Gomes, Rayane Nunes.

Glicerina bruta de baixa pureza na dieta de caprinos em confinamento / Rayane Nunes Gomes. – Recife, 2018
68 f.: il.

Orientador(a): Antonia Sherlânea Chaves Véras.
Coorientador(a): Francisco Fernando Ramos de Carvalho.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2018.

Inclui referências.

1. Carcaça - Consumo 2. Desempenho 3. Digestibilidade
4. Qualidade de carne 5. Parâmetros sanguíneos I. Véras, Antonia Sherlânea Chaves, oriente. II. Carvalho, Francisco Fernando Ramos de, coorient. III. Título

CDD 636

RAYANE NUNES GOMES

**GLICERINA BRUTA DE BAIXA PUREZA NA DIETA DE
CAPRINOS EM CONFINAMENTO**

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 20 de julho de 2018

Comissão examinadora:

Prof^a. Dr^a. Adriana Guim

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a. Dr. João Paulo Ismério dos Santos Monnerat

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Lígia Maria Gomes Barreto

Universidade Federal de Sergipe

Dr^a. Maria Luciana Menezes Wanderley Neves

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Antonia Sherlânea Chaves Vêras

Universidade Federal Rural de Pernambuco

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

RAYANE NUNES GOMES – Nasceu em Petrópolis-RJ, em 20 de junho de 1990, filha de Antonio da Silva Gomes e Marilene Nunes Gomes. Em maio de 2008 iniciou o curso de graduação em Ciências Agrárias (Licenciatura Plena) na Universidade Federal da Paraíba, CCHSA, Campus III, recebendo o título de Licenciada em dezembro de 2011. No mês de março de 2012 ingressou no mestrado acadêmico no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na Universidade Federal da Paraíba, CCA, Campus II, área de concentração Produção Animal, obtendo o título de Mestre em fevereiro de 2014. Em agosto de 2014 iniciou o Doutorado no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, na Universidade Federal Rural de Pernambuco, área de concentração em Produção animal, submetendo-se à defesa de tese para obtenção do título de Doutora em Zootecnia em julho de 2018.

“Pouco conhecimento faz com que as pessoas se sintam orgulhosas. Muito conhecimento, que se sintam humildes. É assim que as espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o céu, enquanto que as cheias as baixam para a terra, sua mãe.”

Leonardo da Vinci

À minha querida mãe, Marilene, que tão generosamente serviu de instrumento para minha vinda e cuidou de mim com todo carinho, amor e dedicação.

Ao meu esposo, Giorgio, por toda paciência e companheirismo, ao longo desta longa jornada acadêmica. Por tudo isso e muito mais que simples palavras não podem expressar agora a vocês...

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela força, coragem, determinação e proteção, pois se não fosse a permissão dEle, não teria chegado aonde cheguei.

À minha mãe Marilene, e ao meu irmão, Luccas, meus grandes incentivadores, por toda força, amor, apoio e compreensão.

Aos meus avós Manoel Luiz, Maria José (in memoriam), Bonésio José e Avó Maria (in memoriam), por todo carinho e cuidado.

A meu esposo, Giorgio, pelo apoio, dedicação, amor, carinho e paciência, em todos os momentos da minha vida.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, pela oportunidade de realização do doutorado.

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

Ao Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste – CETENE, pela disponibilidade da glicerina bruta e realização de análises laboratoriais.

À minha querida e amada orientadora, Prof^ª. Dr^ª. Antonia Sherlânea Chaves Vêras, pelos ricos ensinamentos, oportunidades, disponibilidade, amizade, paciência, conselhos, conversas, confraternizações em sua residência e, principalmente, pela confiança depositada em mim durante a realização deste trabalho. Dedico-lhe meu carinho, respeito e admiração.

Ao Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho, pela ajuda financeira para execução do experimento e análises laboratoriais, por todos os ensinamentos, disponibilidade e amizade.

Ao Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira, pela disponibilidade das instalações para realização da pesquisa, uso do laboratório para realização das análises, correção e discussão da tese, por toda disponibilidade, carinho e amizade.

A todos os professores que contribuíram para minha formação profissional ao longo da minha carreira acadêmica, em especial, aos do Departamento de Zootecnia da UFRPE, Antonia Sherlânea, Marcelo Ferreira, Francisco Carvalho, Adriana Guim, Carlos Bôa-Viagem, Wilson Dutra, João Paulo, Ângela Batista e Severino Benone.

Ao seu Luiz Vêras pela acolhida em sua residência, sempre de portas abertas, pronto a nos receber, como também pelos ricos ensinamentos, palavras de incentivo, carinho e amizade.

À Prof^a. Dr^a. Lígia Barreto e à Dr^a. Luciana Neves, por todo apoio ao longo do experimento, aquisição de materiais e reagentes, planilhas, dicas, conselhos e amizade. Amo vocês.

Às Doutor^{as} Érica e Elizabeth, por todas as dicas, conselho, conversas, cafezinhos e amizade. Muito obrigada por tudo.

Aos meus queridos amigos, Talita, Ana, Daurivane, Suellen e Thalita, por todo esforço em deixar meus dias mais alegres ao longo desses anos, pela paciência, carinho e companheirismo. O que seria de mim sem vocês?

Aos meus queridos estagiários, Eduardo, Hugo e Juliana, pela ajuda na realização deste trabalho, sem os quais os dias no experimento teriam sido mais difíceis e menos divertidos.

A todos do meu grupo de pesquisa, Sherlanetes, por toda descontração, confraternizações e apoio sempre, em especial Talita, Ana, Gomes, Jucelane, Eduardo, Hugo, Marina, Jasiel, Ariclezio e Tibério.

A todos os meus colegas da Pós-Graduação, pelo companheirismo, ajudas nas coletas e abate, em especial a Thalita, Talita, Ana, Daurivane, Suellen, Juliana Sena, Levi, Arturene, Felipe, Carol Monteiro, Karen, Jonas, Michele, Daniel e Caio.

Expresso meu agradecimento a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram na realização deste trabalho.

A todos, meus sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

| | Página |
|--|---------------|
| LISTA DE TABELAS..... | xi |
| RESUMO GERAL..... | xii |
| ABSTRACT..... | xv |
| CONSIDERAÇÕES INICIAIS..... | 17 |
| CAPÍTULO 1 - Glicerina bruta de baixa pureza pode substituir o milho na dieta de caprinos em confinamento? | 19 |
| Resumo..... | 20 |
| Abstract..... | 21 |
| Introdução..... | 22 |
| Material e Métodos..... | 23 |
| Resultados..... | 28 |
| Discussão..... | 32 |
| Conclusão..... | 37 |
| Referências..... | 38 |
| CAPÍTULO 2 - Características de carcaça de caprinos alimentados com glicerina bruta de baixa pureza em substituição ao milho..... | 42 |
| Resumo..... | 43 |
| Abstract..... | 44 |
| Introdução..... | 45 |
| Material e Métodos..... | 45 |
| Resultados..... | 51 |
| Discussão..... | 58 |
| Conclusão..... | 62 |
| Referências..... | 63 |
| Considerações Finais..... | 67 |

LISTA DE TABELAS**CAPÍTULO 1 - Glicerina bruta de baixa pureza pode substituir o milho na dieta de caprinos em confinamento?**

| | Página |
|---|---------------|
| Tabela 1. Composição química da glicerina bruta utilizada nas dietas experimentais..... | 24 |
| Tabela 2. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais..... | 24 |
| Tabela 3. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais..... | 25 |
| Tabela 4. Efeito da inclusão de glicerina bruta sobre o consumo de nutrientes, dieta consumida e digestibilidade de caprinos em confinamento..... | 29 |
| Tabela 5. Efeito da inclusão de glicerina bruta sobre o comportamento ingestivo de caprinos em confinamento..... | 30 |
| Tabela 6. Efeito da inclusão de glicerina bruta sobre o desempenho de caprinos em confinamento..... | 31 |
| Tabela 7. Efeito da inclusão de glicerina bruta sobre o perfil metabólico de caprinos em confinamento..... | 31 |

CAPÍTULO 2 - Características de carcaça e qualidade da carne de caprinos alimentados com glicerina bruta de baixa pureza em substituição ao milho

| | Página |
|--|--------|
| Tabela 1. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais..... | 46 |
| Tabela 2. Consumo de nutrientes e características de carcaça de caprinos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de glicerina bruta..... | 52 |
| Tabela 3. Componentes não constituintes da carcaça de caprinos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de glicerina bruta..... | 53 |
| Tabela 4. Medidas morfométricas da carcaça de caprinos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de glicerina bruta..... | 54 |
| Tabela 5. Peso e rendimento dos cortes comerciais da carcaça de caprinos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de glicerina bruta..... | 55 |
| Tabela 6. Composição tecidual da perna de caprinos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de glicerina bruta..... | 56 |
| Tabela 7. Parâmetros físico-químicos da carne de caprinos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de glicerina bruta..... | 57 |
| Tabela 8. Análise econômica do uso de glicerina bruta na alimentação de caprinos em confinamento..... | 57 |

GLICERINA BRUTA DE BAIXA PUREZA NA DIETA DE CAPRINOS EM CONFINAMENTO

RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão de glicerina bruta (GB) na alimentação de caprinos em confinamento sobre o consumo e a digestibilidade aparente de matéria seca (MS) e seus componentes, desempenho, comportamento ingestivo, perfil metabólico, características de carcaça, componentes não constituintes da carcaça, qualidade da carne e análise econômica. Foram utilizados quarenta caprinos ($19,70 \pm 2,30$ kg) sem padrão racial definido. Os tratamentos consistiram de inclusão de GB (63,06% glicerol) nos níveis de 0; 6; 12 e 18%. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com o PC inicial utilizado como covariável, com dez repetições. Os consumos de MS, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), carboidrato não fibroso (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) decresceram linearmente ($P < 0,05$). Não foi observada influência ($P > 0,05$) para os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO, PB e FDN. Os níveis de inclusão de GB não afetaram ($P > 0,05$) o peso corporal final, ganho de peso total, ganho médio diário. O tempo despendido pelos animais com alimentação em h e em percentual % não foi influenciado pela inclusão de GB na dieta ($P > 0,05$). Com relação ao tempo de ruminação, em h e em percentual %, houve efeito linear crescente ($P < 0,05$). O tempo em ócio e a ingestão de água (l/dia) decresceram linearmente ($P < 0,05$). Quanto aos metabólitos sanguíneos, o colesterol apresentou efeito linear crescente ($P < 0,05$), enquanto que o beta-hidroxibutirato reduziu linearmente ($P < 0,05$). Os pesos de corpo vazio, de carcaça quente e fria, como também o pH 24 horas *post mortem* e a área de olho de lombo diminuíram linearmente. Observou-se que o sangue foi influenciado quadraticamente, com ponto de mínima de 0,75 kg, no nível de 15% de GB. A inclusão da GB nas dietas não interferiu ($P > 0,05$) no tamanho do fígado, coração, rins e pâncreas. Com relação aos depósitos de gordura, não houve influência dos tratamentos ($P > 0,05$) sobre o mesentério, omento, gordura interna e perirrenal. O perímetro da perna apresentou comportamento quadrático, com ponto de mínima de 28,12 cm, no nível de 12% de GB. O perímetro do tórax e o índice de compacidade da carcaça decresceram linearmente. Os cortes paleta, costela, serrote e perna foram influenciados de forma linear decrescente. Com relação à

composição tecidual da perna observou-se que os pesos da perna reconstituída, músculo e osso decresceram linearmente ($P < 0,05$). A inclusão de GB não afetou os parâmetros físico-químicos da carne, como a cor (L^* , a^* e b^*); capacidade de retenção de água (CRA); perda de peso por cocção (PPC); força de cisalhamento (FC) e pH ($P > 0,05$). A umidade, matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE) da carne foram influenciados pela inclusão da GB na dieta ($P < 0,05$). A proteína bruta (PB) da carne não foi afetada pelo aumento dos níveis de GB ($P > 0,05$). O nível de 18% de GB apresentou maiores lucro bruto (R\$ 11,24) e taxa de retorno do confinamento (6,22%). A glicerina bruta pode substituir parcialmente o milho e ser incluída em até 18% na matéria seca da dieta de caprinos em confinamento.

Palavras-chave: Carcaça. Consumo. Desempenho. Digestibilidade. Qualidade de carne. Parâmetros sanguíneos.

CRUDE GLYCERINE OF LOW PURITY IN THE DIET OF GOATS IN FEEDLOT

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of the inclusion of crude glycerin (CG) on feed intake and apparent digestibility of dry matter (DM) and its components, performance, ingestive behavior, metabolic profile, carcass characteristics, components not constituents of carcass meat quality and economic analysis. Forty goats ($19,70 \pm 2,30$ kg) with no defined racial pattern were used. The treatments consisted of inclusion of GB (63.06% glycerol) on the levels of 0; 6; 12 and 18%. The experimental design was completely randomized, with the initial PC used as a covariate, with ten repetitions. The intakes of DM, organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), non fiberous carbohydrate (NFC) and total digestible nutrients (TDN) decreased linearly ($P < 0,05$). No influence ($P > 0,05$) was observed for the apparent coefficients of digestibility DM, OM, CP and NDF. The levels of inclusion of GB did not affect ($P > 0,05$) the final body weight, total weight gain, average daily gain. The time spent by animals with food in h and in percentage % was not influenced by the inclusion of GB in the diet ($P > 0,05$). In relation to rumination time, in h and percentage %, there was an increasing linear effect ($P < 0,05$). The leisure time and the water intake (l/day) decreased linearly ($P < 0,05$). In relation to blood metabolites, cholesterol presented a linear increasing effect ($P < 0,05$), whereas beta-hydroxybutyrate reduced linearly ($P < 0,05$). The empty body weights, hot and cold carcass, as well as pH 24 post mortem hours and loin eye area decreased linearly. It was observed that the blood was influenced quadratically, with a minimum point of 0,75 kg, at the level of 15% of CG. The inclusion of CG in diets did not interfere ($P > 0,05$) in the size of the liver, heart, kidneys and pancreas. In relation to the deposits of fat, there was no influence of treatments ($P > 0,05$) on the mesentery, omentum, perirenal and internal fat. The perimeter of the leg showed a quadratic behavior, with a minimum point of 28,12 cm, at the level of 12% of CG. The chest circumference and the carcass compactness index decreased linearly. The palette, rib, serrote and leg cuts were influenced in a linearly decreasing manner. In relation to the tissue composition of the leg, it was observed that the weights of the reconstituted leg, muscle and bone decreased linearly ($P < 0,05$). The inclusion of CG did not affect the physicochemical parameters of meat, such as color (L^* , a^* and b^*), water retention capacity (WRC), weight loss cook (WLC), shear force (SF) and pH ($P > 0,05$). The

moisture, mineral matter (MM) and ethereal extract (EE) of the meat were influenced by the inclusion of CG in the diet ($P < 0,05$). The crude protein (CP) of meat was not affected by the increase of CG levels ($P > 0,05$). The level of 18% of CG presented higher gross profit (R\$ 11,24) and rate of return of feedlot (6,22%). Crude glycerin may partially replace maize and be included in up to 18% dry matter of the goat diet in feedlot.

Keywords: Carcass. Consumption. Performance. Digestibility. Meat quality. Blood parameters.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No Brasil, os principais biocombustíveis líquidos utilizados são o etanol, extraído da cana-de-açúcar, e o biodiesel, produzido a partir de reação de transesterificação catalítica dos triacilgliceróis de diferentes oleaginosas, utilizando metanol ou etanol e um catalisador (hidróxido de sódio ou potássio), adicionado ao diesel de petróleo em proporções variáveis. O Brasil é o pioneiro mundial no uso de biocombustíveis, alcançou uma posição almejada por muitos países que buscam fontes renováveis de energia como alternativas estratégicas ao petróleo. É um dos maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, ficando abaixo apenas dos Estados Unidos. A partir de março de 2018, o óleo diesel comercializado em todo o país deve conter 10% de biodiesel.

A viabilização econômica e ambiental do uso do biodiesel em substituição gradual ao diesel de petróleo depende, dentre outros fatores, do aproveitamento dos coprodutos gerados na sua cadeia produtiva. A glicerina bruta é o principal coproduto originado na produção de biodiesel, corresponde a aproximadamente 10% do volume total de biodiesel produzido. O aumento na produção de glicerina, impulsionado pelo aumento da demanda por biodiesel, pode exceder a demanda da indústria de alimentos e cosméticos. Assim, faz-se necessário desenvolver formas de utilização destes produtos, a fim de agregar renda à cadeia produtiva do biodiesel e minimizar impactos ambientais. A utilização da glicerina bruta na alimentação animal apresenta-se como uma das opções para o aproveitamento econômico e em larga escala desse coproduto, notadamente para animais ruminantes.

Nas indústrias, quando purificada, várias são as aplicações da glicerina, entre as quais se destacam os usos em tabaco, alimentos, bebidas, cosméticos e farmacêuticos. No entanto, são necessários processos complexos e de alto custo para que essa matéria-prima alcance as exigências em grau de pureza necessárias para estes fins.

Todavia, como a glicerina obtida do processo de transesterificação do óleo apresenta-se na forma bruta, contendo impurezas, como minerais, excesso de lipídeos e metanol, impactos no consumo, na digestibilidade dos componentes da dieta e no desempenho animal podem ser diferentes dos obtidos com a glicerina de mais alta pureza, porém, com custo mais elevado.

A utilização de coprodutos na alimentação de ruminantes substituindo ingredientes nobres da dieta como o milho surge como alternativa que atende a duas demandas:

redução nos custos em sistemas de produção de animais confinados, além de dar destino ambientalmente correto a esse produto.

A glicerina bruta é caracterizada como um ingrediente energético, devido a quantidade de glicerol encontrada em sua composição. Pode substituir parcial ou totalmente alimentos energéticos tradicionais. Consiste no produto separado do biodiesel que não sofre qualquer tipo de purificação. É líquido, pardo escuro, viscoso, higroscópico e com sabor adocicado, podendo se tornar um concentrado energético viável para animais.

No entanto, na literatura, ainda são escassos os trabalhos utilizando a glicerina bruta de baixa pureza para pequenos ruminantes. A dificuldade está na necessidade de se estabelecer o nível ótimo de glicerina na dieta destes animais, principalmente para a espécie caprina, com vistas à redução dos custos de produção da atividade, presumindo-se que é possível substituir parcialmente o milho por GB.

CAPÍTULO 1

Glicerina bruta de baixa pureza pode substituir o milho na dieta de caprinos em confinamento?

1 **Glicerina bruta de baixa pureza pode substituir o milho na dieta de caprinos em**
2 **confinamento?**

3 **RESUMO**

4 Objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão de glicerina bruta (GB) na alimentação de
5 caprinos em confinamento sobre o consumo e a digestibilidade aparente da matéria seca
6 (MS) e seus componentes, desempenho, comportamento ingestivo e perfil metabólico.
7 Foram utilizados quarenta caprinos ($19,70 \pm 2,30$ kg) sem padrão racial definido. Os
8 tratamentos consistiram de inclusão de GB (63,06% glicerol) nos níveis de 0; 6; 12 e 18%.
9 O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com o PC inicial
10 utilizado como covariável, com dez repetições. Os consumos de MS, matéria orgânica (MO),
11 proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), carboidrato não fibroso (CNF) e
12 nutrientes digestíveis totais (NDT) decresceram linearmente ($P < 0,05$). Não foi observada
13 influência ($P > 0,05$) para os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO, PB e FDN.
14 Os níveis de inclusão de GB não afetaram ($P > 0,05$) o peso corporal final, ganho de peso
15 total, ganho médio diário. O tempo despendido pelos animais com alimentação em h e em
16 percentual % não foi influenciado pela inclusão de GB na dieta ($P > 0,05$). Com relação ao
17 tempo de ruminação, em h e em percentual % houve efeito linear crescente ($P < 0,05$). O
18 tempo em ócio e a ingestão de água (l/dia) decresceram linearmente ($P < 0,05$). Com relação
19 aos metabólitos sanguíneos, o colesterol apresentou efeito linear crescente ($P < 0,05$),
20 enquanto que o beta-hidroxibutirato reduziu linearmente ($P < 0,05$).

21
22 **Palavras-chave:** Comportamento ingestivo. Desempenho. Digestibilidade aparente.
23 Ingestão.

24

25

26

27

28

29

Crude glycerine of low purity can replace corn in the diet of goats in feedlot?**ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the effects of the inclusion of crude glycerin (CG) in the feed of goats in confinement on consumption, apparent digestibility of dry matter (DM) and its components; performance; ingestive behavior and metabolic profile. Forty goats ($19,70 \pm 2,30$ kg) with no defined racial pattern were used. The treatments consisted of inclusion of CG at the levels of 0; 6; 12 and 18% (63,06% glycerol). The experimental design was completely randomized, with ten replications. Consumption of DM, organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), non-fiber carbohydrate (NFC) and total digestible nutrients (TDN) decreased linearly ($P < 0,05$). No influence ($P > 0,05$) was observed for the apparent digestibility coefficients of DM, OM, CP and NDF. The inclusion levels of CG did not affect ($P > 0,05$) the final body weight, total weight gain, mean daily gain. The time spent by the fed animals, in h and percentage %, was not influenced by the inclusion of CG in the diet ($P > 0,05$). In relation to rumination time, in h and percentage%, there was an increasing linear effect ($P < 0,05$). The leisure time and the water intake (l/day) decreased linearly ($P < 0,05$). In relation to blood metabolites, cholesterol presented a linear increasing effect ($P < 0,05$), whereas beta-hydroxybutyrate reduced linearly ($P < 0,05$). CG can be included in the goat diet by up to 18% in dietary DM.

Keywords: Ingestive behavior. Performance. Apparent digestibility. Ingestion.

INTRODUÇÃO

59

60 O milho é a principal fonte de energia tradicionalmente usada nas dietas de ruminantes
61 em confinamento. No entanto, o aumento da demanda do milho devido à produção de etanol,
62 utilização na alimentação humana e de não ruminantes contribuíram para elevação dos
63 custos de produção (BENEDETI et al., 2016). Assim, estudos têm sido conduzidos para
64 avaliar fontes alternativas de energia, como a glicerina bruta (GB), com o objetivo de
65 redução dos custos com alimentação, bem como melhoria do desempenho animal
66 (ALMEIDA et al., 2017; VAN CLEEF et al., 2017; ANDRADE et al., 2018).

67 Segundo a OCDE/FAO (2016), a atual produção anual de biodiesel no mundo é de
68 cerca de 34,5 bilhões de litros. O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de
69 biodiesel do mundo, ficando abaixo apenas dos Estados Unidos, com produção anual, em
70 2016, de 3,8 bilhões de litros, gerando cerca de 420 milhões de litros de glicerina bruta (ANP,
71 2017), que poderiam ser utilizados na alimentação animal. Desde março de 2018, o óleo
72 diesel comercializado em todo o país deve conter 10% de biodiesel (ANP, 2018).

73 Quanto ao seu grau de pureza, a glicerina bruta pode ser classificada em: de baixa
74 pureza, quando os teores de glicerol são de 40 a 70%; de média pureza, com teor de glicerol
75 de 75 a 90%; e de alta pureza, cujos teores de glicerol são acima de 99% (HIPPEN et al.,
76 2008).

77 No rúmen, o glicerol é fermentado a propionato pelos microrganismos ruminais,
78 modificando a relação acetato:propionato (BENEDETI et al., 2015). Além disso, parte que
79 escapa da fermentação pode ser absorvida pelo epitélio ruminal ou passar para o omaso
80 juntamente com a digesta, sendo então utilizada como substrato para gliconeogênese
81 hepática (KREHBIEL, 2008).

82 Estudos avaliaram os efeitos da inclusão de GB na dieta de caprinos em confinamento
83 sobre o consumo, digestibilidade de nutrientes e desempenho com inclusão aceitável,
84 variando de 4 a 20% na MS (CHANJULA et al., 2016, 2015, 2014; DIAS et al., 2016;
85 SANTOS et al., 2015). No entanto, os efeitos da GB de baixa pureza na dieta de caprinos
86 ainda não foram bem estabelecidos.

87 Hipotetizou-se que a glicerina bruta de baixa pureza pode ser incluída na dieta de
88 caprinos em confinamento em concentrações de até 18% na MS, sem comprometer a
89 ingestão de alimentos, a digestibilidade de nutrientes, o desempenho, o comportamento
90 ingestivo, o perfil metabólico e a viabilidade econômica de seu uso. Portanto, objetivou-se
91 avaliar os efeitos da inclusão de GB na dieta de caprinos em confinamento, sobre o consumo

92 e a digestibilidade dos nutrientes, desempenho, comportamento ingestivo e perfil
93 metabólico.

94

95 MATERIAL E MÉTODOS

96 *Local e comitê de ética*

97 O experimento foi conduzido no Setor de Pequenos Ruminantes do Departamento de
98 Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizado no município de
99 Recife, PE, Brasil. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de
100 Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (Licença n°
101 059/2016).

102

103 *Animais e período experimental*

104 Foram utilizados quarenta caprinos, machos castrados, sem padrão racial definido,
105 com peso corporal inicial médio de $19,70 \pm 2,30$ kg. Os animais foram alojados em galpão
106 coberto com baias com dimensões de 1,0 m x 1,8 m, providas de comedouros e bebedouros
107 individuais. O período experimental teve duração de 86 dias, sendo 28 dias de adaptação e
108 58 dias para avaliação e coleta de dados e amostras. Durante o período de adaptação os
109 animais foram pesados, identificados, tratados contra ecto e endoparasitos vacinados contra
110 clostridioses e receberam complexo vitamínico ADE.

111

112 *Delineamento experimental e dietas*

113 O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com o peso
114 corporal inicial utilizado como covariável, com quatro tratamentos e dez repetições. A
115 glicerina bruta - GB (Tabela 1) foi adquirida da Unidade Experimental de Biodiesel do
116 Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste - CETENE, localizada no Município de
117 Caetés, PE, Brasil.

118

119

120

121

122

123

124 **Tabela 1.** Composição química da glicerina bruta utilizada nas dietas experimentais.

| Item (%) | Valor |
|----------------------|-------|
| Glicerol | 63,06 |
| Água | 20,70 |
| Metanol | 3,70 |
| Proteína bruta | 0,30 |
| Ácidos graxos totais | 45,57 |
| Matéria mineral | 5,90 |
| Sódio | 0,27 |

125

126 Os tratamentos experimentais consistiram de inclusão de GB nos níveis de 0; 6; 12 e
 127 18 % (com base na matéria seca). As dietas foram formuladas para serem isonitrogenadas
 128 (14% PB/MS) e atender às exigências nutricionais de um caprino com PC médio de 25kg e
 129 ganho médio diário estimado em 150 g/dia, de acordo com NRC (2007) e relação
 130 volumoso:concentrado de 50:50. A composição química dos ingredientes, como também as
 131 proporções dos ingredientes e a composição química das dietas experimentais estão
 132 apresentadas nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

133

134 **Tabela 2.** Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.

| Item (g/kg MS) | Feno de tifton | Milho moído | Farelo de soja |
|---|----------------|-------------|----------------|
| Matéria seca (g/kg MN) | 923,61 | 881,10 | 878,03 |
| Matéria orgânica | 908,69 | 985,82 | 934,51 |
| Proteína bruta | 96,87 | 93,68 | 487,17 |
| Extrato etéreo | 13,66 | 46,24 | 9,00 |
| Fibra em detergente neutro ¹ | 654,90 | 133,22 | 133,23 |
| Fibra em detergente ácido | 323,58 | 27,73 | 69,97 |
| Carboidrato não fibroso ¹ | 143,26 | 712,68 | 305,11 |

135 ¹Corrigido para cinzas e proteína.

136

137

138

139

140 **Tabela 3.** Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais.

| Item | Glicerina bruta (% MS) | | | |
|---|------------------------|------|------|------|
| | 0 | 6 | 12 | 18 |
| Ingredientes (g/kg MS) | | | | |
| Feno de tifton 85 | 499 | 499 | 499 | 499 |
| Milho moído | 380 | 318 | 256 | 195 |
| Glicerina bruta | 0,0 | 60,0 | 120 | 180 |
| Farelo de soja | 98,0 | 98,0 | 98,0 | 98,0 |
| Ureia/S ¹ | 5,0 | 7,0 | 9,0 | 10,0 |
| Suplemento mineral ² | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 |
| Calcário calcítico | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| Composição química (g/kg MS) | | | | |
| Matéria seca (g/kg MN) | 905 | 899 | 894 | 889 |
| Matéria orgânica | 927 | 924 | 921 | 919 |
| Proteína Bruta | 145 | 143 | 142 | 141 |
| Extrato etéreo | 25,0 | 49,0 | 73,0 | 97,0 |
| Fibra em detergente neutro ³ | 390 | 382 | 374 | 366 |
| Carboidrato não fibroso ³ | 367 | 350 | 332 | 315 |

141 ¹ 9 partes de ureia e 1 parte de enxofre (S); MS = Matéria seca; MN = Matéria natural.

142 ² Níveis de garantia (nutrientes/kg): Cálcio-240g; Enxofre-20g; Fósforo-71g; Potássio-28.20g; Magnésio-20g;
 143 Cobre- 400mg; Cobalto-30mg; Cromo-10mg; Ferro-2500mg; Flúor máximo-710mg; Iodo-40mg; Manganês-
 144 1350mg; Selênio-15mg e Zinco- 1700mg.

145 ³ Corrigido para cinzas e proteína.

146
 147

148 ***Ingestão, digestibilidade de nutrientes e desempenho***

149 A alimentação foi ofertada *ad libitum*, de modo a permitir aproximadamente 15% de
 150 sobras, na forma de mistura completa, às 08h00 e 15h00. As sobras foram pesadas
 151 diariamente antes da alimentação matinal para estimar o consumo. As amostras dos
 152 alimentos e sobras foram coletadas ao longo do experimento, identificadas, pesadas e
 153 armazenados a - 18°C para elaboração de uma amostra composta por animal.

154 Para quantificar a produção de matéria seca fecal foi realizada coleta total de fezes,
 155 utilizando-se bolsas coletoras, durante cinco dias consecutivos, entre o 42° e 46° dia do
 156 período experimental. Neste período também foram coletadas amostras dos alimentos
 157 fornecidos e das sobras. O esvaziamento total das bolsas foi realizado a cada 24 horas, no
 158 período da manhã. As fezes foram pesadas, homogeneizadas e retiradas amostras de 10% do
 159 total de fezes produzidas, as quais foram armazenadas em freezer a -18°C, para posteriores
 160 análises.

161 Foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca
162 (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN),
163 carboidrato não fibroso (CNF) e conteúdo de nutrientes digestíveis totais (NDT), que foram
164 obtidos conforme equação: $CDA (g/kg) = [(nutriente\ ingerido - nutriente\ excretado) / nutriente\ ingerido] \times 1000$ e o $NDT (g/kg) = (CNDT / CMS) \times 1000$, em que CNDT e CMS significam
165 consumo de nutrientes digestíveis totais e consumo de matéria seca, respectivamente.
166

167 Os animais foram pesados no início e no final do período experimental, antes do
168 fornecimento da dieta. O ganho de peso total (GPT) foi obtido pela diferença entre o peso
169 corporal final (PCF) e o peso corporal inicial (PCI), enquanto o ganho médio diário (GMD)
170 pela relação entre o GPT e o número de dias do confinamento. A eficiência alimentar foi
171 calculada pela relação entre o GMD e o CMS, em kg/dia.

172

173 ***Comportamento ingestivo***

174 As observações e registros do comportamento ingestivo foram efetuadas no 33º e 40º
175 dia do período experimental, por meio de varredura instantânea (“Scan sampling”), proposta
176 por Martin e Bateson (1993), e realizadas a cada dez minutos (modificado de Johnson e
177 Combs, 1991), totalizando um período de 48 horas de avaliações. As observações noturnas
178 foram realizadas usando iluminação artificial.

179 Foram estimados os tempos despendidos em alimentação, ruminação e ócio e as
180 relações: $EAL, g\ MS/h$ (eficiência de alimentação em função da ingestão de MS) = CMS / TA ;
181 $EAL, g\ FDN/h$ (eficiência de alimentação em função da ingestão de FDN) = $CFDN / TA$;
182 $ERU, g\ MS/h$ (eficiência de ruminação em função da ingestão de MS) = CMS / TR ; ERU, g
183 FDN/h (eficiência de ruminação em função da ingestão de FDN) = $CFDN / TR$, onde, CMS,
184 CFDN, TA e TR significam: consumo de matéria seca, consumo de fibra em detergente
185 neutro, tempo de alimentação, tempo de ruminação, respectivamente, segundo metodologia
186 de Bürger et al. (2000).

187 A água foi fornecida *ad libitum* em baldes plásticos com capacidade de 10 litros. A
188 ingestão de água foi avaliada durante dois dias por semana ao longo do período experimental,
189 por meio da diferença entre a água fornecida e as sobras por animal, deduzida a água perdida
190 por evaporação. Para quantificar a evaporação, seis baldes com água foram distribuídos ao
191 longo do galpão, nos quais eram tomadas as quantidades disponíveis e a diferença de peso
192 no decorrer de 24 horas. Esse valor foi usado para correção dos dados de consumo de água.

193

194 *Coleta e análises laboratoriais de sangue*

195 Para avaliar o perfil metabólico, amostra de sangue foi coletada no 48º dia do período
196 experimental, quatro horas após a alimentação matinal. As coletas foram realizadas por
197 venopunção da jugular em tubos de 4,0 mL (BD Vacutainer® Fluoreto/EDTA) para a
198 mensuração da glicose plasmática. Para as dosagens séricas de colesterol, triglicérides, beta-
199 hidroxibutirato, ácidos graxos não esterificados, ureia, proteína total, albumina, globulina,
200 creatinina, aspartato aminotransferase, alanina aminotransferase, gama glutamil transferase,
201 cálcio, sódio, fósforo e magnésio foram utilizados tubos de 10,0 mL (BD Vacutainer® com
202 ativador de coágulo).

203 As amostras foram centrifugadas a 3,000 rpm durante 15 min, resultando na separação
204 do soro e plasma que foram estocados a - 20°C em tubos Eppendorf® para posteriores
205 análises. Os metabólitos foram analisados no Laboratório de Doenças Metabólicas e
206 Nutricionais do Departamento de Medicina Veterinária da UFRPE, utilizando kits
207 comerciais (*Labtest*®) em analisador bioquímico automático (Labmax 240
208 Premium, *Labtest*®). Já a globulina foi obtida pela diferença entre as concentrações de
209 proteína total e de albumina.

210

211 *Análises químicas*

212 As amostras de alimentos, sobras e fezes foram pré-secas em estufa com circulação
213 forçada de ar a 55°C, por 72 h e moídas em moinho de faca tipo Willey (TE-648 - Tecnal®).

214 As análises de composição química foram realizadas da seguinte forma: MS (Método
215 930,15; AOAC, 2000), PB (Método 984,13; AOAC, 2000), MM (Método 942,05; AOAC,
216 2000); extrato de éter (método 920,39, AOAC, 2000); FDN e FDA (VAN SOEST et al.,
217 1991). A fibra em detergente neutro foi tratada com alfa-amilase termoestável e corrigido
218 para cinzas e proteína.

219 Os conteúdos de carboidratos não-fibrosos (CNF) foram estimados de acordo com
220 Detmann e Valadares Filho (2010): $CNF = 100 - [(\%PB - \%PB_{Ureia} + \%Ureia) + \%FDN_{cp}$
221 $+ \%EE + \%MM]$, em que PB_{Ureia} e FDN_{cp} significam proteína bruta advinda da ureia e fibra
222 em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, respectivamente. E o consumo dos
223 nutrientes digestíveis totais foi obtido segundo equação proposta por Weiss (1999) $CNDT =$
224 $PBD + (2,25 \times EED) + FDND + CNFD$, em que CNDT, PBD, EED, FDND e CNFD
225 significam, respectivamente, consumo de nutrientes digestíveis totais, proteína bruta

226 digestível, extrato etéreo digestível, fibra em detergente neutro digestível e carboidrato não-
227 fibroso digestível.

228

229 *Análise estatística*

230 Os dados foram analisados utilizando-se o PROC GLM e PROC MIXED do programa
231 estatístico SAS (versão 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC), depois de testados para
232 normalidade residual e homogeneidade da variância e adotando-se 0,05 como nível crítico
233 para o erro tipo I. O peso corporal inicial foi incluído como covariável, como descrito no
234 modelo:

235

$$Y_{ij} = \beta_0 + B_1 X_{ij} + T_i + \varepsilon_{ij},$$

236

237 Onde: Y_{ij} = observação j no tratamento i, β_0 = intercepto, B_1 = coeficiente de regressão, X_{ij}
238 = covariável de peso inicial, T_i = efeito de tratamento fixo i (i = 1 a 4), ε_{ij} = erro aleatório.

239

240

RESULTADOS

241 Os consumos de MS, MO, PB, FDN, CNF e NDT decresceram linearmente ($P < 0,05$)
242 com o aumento dos níveis de GB. O consumo de EE aumentou linearmente ($P < 0,05$) com a
243 inclusão de GB (Tabela 4).

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257 **Tabela 4.** Efeito da inclusão de glicerina bruta sobre o consumo de nutrientes, dieta
 258 efetivamente consumida e digestibilidade na dieta de caprinos em confinamento.

| Item ¹ | Glicerina bruta (% MS) | | | | EPM ² | P-valor | |
|---|------------------------|--------|--------|--------|------------------|---------|------------|
| | 0 | 6 | 12 | 18 | | Linear | Quadrático |
| Consumo de nutrientes (g/d) | | | | | | | |
| MS | 775,92 | 664,30 | 570,88 | 477,55 | 37,87 | 0,0002 | 0,8662 |
| MO | 721,45 | 616,30 | 527,25 | 439,88 | 35,22 | 0,0002 | 0,8596 |
| PB | 120,87 | 101,98 | 87,61 | 72,83 | 5,79 | 0,0001 | 0,8026 |
| EE | 22,05 | 37,57 | 49,91 | 55,19 | 2,69 | <,0001 | 0,0908 |
| FDN | 261,93 | 220,91 | 178,19 | 149,64 | 13,64 | <,0001 | 0,7412 |
| CNF | 322,58 | 263,10 | 219,98 | 171,26 | 16,03 | <,0001 | 0,8099 |
| NDT | 523,77 | 414,35 | 393,20 | 355,33 | 31,17 | 0,0320 | 0,5018 |
| Composição da dieta efetivamente consumida (g/kg) | | | | | | | |
| PB | 156,45 | 154,12 | 153,51 | 152,40 | 0,48 | 0,0014 | 0,4656 |
| EE | 28,77 | 56,71 | 87,43 | 115,44 | 5,25 | <,0001 | 0,9808 |
| FDN | 333,21 | 333,25 | 313,87 | 314,22 | 4,31 | 0,0415 | 0,9853 |
| CNF | 419,40 | 395,63 | 387,73 | 358,17 | 4,73 | <,0001 | 0,8896 |
| Digestibilidade (g/kg) | | | | | | | |
| MS | 743,96 | 784,15 | 736,88 | 711,75 | 12,01 | 0,1683 | 0,1621 |
| MO | 770,39 | 805,27 | 754,73 | 729,72 | 11,17 | 0,0743 | 0,1621 |
| PB | 798,68 | 835,68 | 815,01 | 817,77 | 7,04 | 0,5539 | 0,2193 |
| EE | 850,32 | 938,21 | 950,75 | 959,83 | 8,20 | <,0001 | <,0001 |
| FDN | 572,98 | 657,36 | 557,12 | 552,72 | 23,74 | 0,4333 | 0,3351 |
| CNF | 861,76 | 879,12 | 841,56 | 825,19 | 8,22 | 0,0460 | 0,2966 |
| NDT | 761 | 815 | 810 | 824 | 10,10 | 0,0407 | 0,3110 |

259 ¹MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo, FDN = fibra em
 260 detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = carboidrato não fibroso corrigido para cinzas e
 261 proteína; NDT = nutrientes digestíveis totais.

262 ²EPM = Erro padrão da média.

263

264 Com relação à dieta efetivamente consumida, observou-se que os consumos de PB,
 265 FDN e CNF apresentaram efeito linear decrescente ($P < 0,05$), já o consumo de EE aumentou
 266 de forma linear crescente.

267 Não foi observada influência ($P > 0,05$) para os coeficientes de digestibilidade aparente
 268 da MS, MO, PB e FDN, com médias de $744,19 \pm 30,01$; $765,03 \pm 31,63$; $816,79 \pm 15,15$ e
 269 $585,05 \pm 48,99$ g/kg, respectivamente (Tabela 4). O coeficiente de digestibilidade do EE e o
 270 conteúdo de NDT apresentaram efeito linear crescente ($P < 0,05$), já o CNF apresentou efeito
 271 linear decrescente.

272 O tempo despendido pelos animais com alimentação, em h e em percentual %, não foi
 273 influenciado pela inclusão de GB na dieta ($P>0,05$), com média de $3,36 \pm 0,17$ e $13,94 \pm$
 274 $0,69$, respectivamente (Tabela 5). Com relação ao tempo de ruminação, expresso em h e em
 275 percentual %, apresentaram efeito linear crescente ($P<0,05$). O tempo despendido com ócio
 276 reduziu linearmente em h e em percentual % ($P<0,05$).

277

278 **Tabela 5.** Efeito da inclusão de glicerina bruta sobre o comportamento ingestivo de caprinos
 279 em confinamento.

| Item ¹ | Glicerina bruta (% MS) | | | | EPM ² | P-valor | |
|-------------------------|------------------------|--------|--------|--------|------------------|---------|------------|
| | 0 | 6 | 12 | 18 | | Linear | Quadrático |
| Tempo gasto diário (%) | | | | | | | |
| Alimentação | 14,41 | 14,52 | 13,02 | 13,82 | 0,46 | 0,4052 | 0,6767 |
| Ruminação | 20,66 | 22,61 | 27,54 | 27,92 | 1,03 | 0,0032 | 0,6813 |
| Ócio | 64,83 | 62,88 | 59,44 | 58,26 | 1,07 | 0,0102 | 0,7489 |
| Duração dos eventos (h) | | | | | | | |
| Alimentação | 3,50 | 3,48 | 3,13 | 3,32 | 0,11 | 0,3799 | 0,6496 |
| Ruminação | 5,17 | 5,42 | 6,60 | 6,70 | 0,24 | 0,0056 | 0,8515 |
| Ócio | 15,48 | 15,10 | 14,27 | 13,98 | 0,25 | 0,0172 | 0,9111 |
| Eficiência (g/h) | | | | | | | |
| EAL, g MS/h | 230,81 | 210,27 | 184,88 | 139,67 | 14,12 | 0,0083 | 0,6089 |
| EAL, g FDN/h | 78,22 | 69,31 | 57,79 | 45,48 | 4,93 | 0,0048 | 0,8356 |
| ERU, g MS/h | 158,16 | 129,77 | 89,40 | 69,85 | 9,33 | <,0001 | 0,7246 |
| ERU, g FDN/h | 53,64 | 43,40 | 27,91 | 22,83 | 3,32 | <,0001 | 0,5627 |
| Ingestão de água, l/d | 2,12 | 1,51 | 1,46 | 1,21 | 0,13 | 0,0102 | 0,3875 |

280 ¹EAL = eficiência de alimentação; ERU = eficiência de ruminação; MS = Matéria seca; FDN = Fibra em
 281 detergente neutro.

282 ²EPM = Erro padrão da média.

283

284 As eficiências de alimentação e ruminação em g MS/h e g FDN/h foram afetadas
 285 negativamente ($P<0,05$) pelos níveis de inclusão de GB. A ingestão de água (l/d) decresceu
 286 linearmente ($P<0,05$).

287 Os níveis de inclusão de GB não afetaram ($P>0,05$) o peso corporal final, ganho de
 288 peso total e ganho médio diário, cujas médias foram de $24,34 \pm 1,02$; $4,96 \pm 0,69$ e $0,09 \pm$
 289 $0,01$ kg, respectivamente. Já a eficiência alimentar aumentou linearmente ($P<0,05$) (Tabela
 290 6).

291

292

293 **Tabela 6.** Efeito da inclusão de glicerina bruta sobre o desempenho de caprinos em
 294 confinamento.

| Item | Glicerina bruta (% MS) | | | | EPM ¹ | P-valor | |
|-----------------------------|------------------------|-------|-------|-------|------------------|---------|------------|
| | 0 | 6 | 12 | 18 | | Linear | Quadrático |
| Peso corporal inicial (kg) | 19,79 | 19,53 | 19,50 | 19,96 | - | - | - |
| Peso corporal final (kg) | 25,72 | 23,39 | 23,81 | 24,44 | 0,70 | 0,4084 | 0,1130 |
| Ganho de peso total (kg) | 5,93 | 4,69 | 4,31 | 4,90 | 0,41 | 0,2927 | 0,2161 |
| Ganho médio diário (kg/dia) | 0,10 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,01 | 0,2849 | 0,2183 |
| Eficiência alimentar | 0,12 | 0,11 | 0,13 | 0,17 | 0,01 | 0,0128 | 0,0560 |

295 ¹EPM = Erro padrão da média

296

297 Com relação aos metabólitos sanguíneos (Tabela 7), o colesterol apresentou efeito
 298 linear crescente ($P < 0,05$), enquanto que o beta-hidroxibutirato reduziu linearmente
 299 ($P < 0,05$).

300

301 **Tabela 7.** Efeito da inclusão de glicerina bruta sobre o perfil metabólico de caprinos em
 302 confinamento.

| Item | Glicerina bruta (% MS) | | | | EPM ¹ | P-valor | |
|--|------------------------|--------|--------|--------|------------------|---------|------------|
| | 0 | 6 | 12 | 18 | | Linear | Quadrático |
| Glicose, mg/dL | 53,01 | 46,67 | 49,19 | 46,36 | 1,53 | 0,2118 | 0,5821 |
| Colesterol, mg/dL | 104,53 | 134,10 | 132,13 | 149,42 | 4,44 | 0,0004 | 0,4250 |
| Triglicérides, mg/dL | 17,80 | 23,17 | 20,83 | 22,88 | 1,10 | 0,1984 | 0,4554 |
| Beta-hidroxibutirato, mg/dL | 0,33 | 0,25 | 0,18 | 0,18 | 0,02 | 0,0005 | 0,2741 |
| Ácidos graxos não esterificados, mg/dL | 0,61 | 0,52 | 0,52 | 0,66 | 0,06 | 0,8051 | 0,3565 |
| Ureia, mg/dL | 39,13 | 41,74 | 39,18 | 35,83 | 1,21 | 0,2443 | 0,2127 |
| Proteína total, g/dL | 6,45 | 6,58 | 6,60 | 6,58 | 0,06 | 0,4902 | 0,5711 |
| Albumina, g/dL | 2,55 | 2,65 | 2,61 | 2,59 | 0,04 | 0,7381 | 0,4148 |
| Globulina, g/dL | 3,90 | 3,93 | 3,98 | 3,98 | 0,07 | 0,6593 | 0,9386 |
| Creatinina, mg/dL | 0,67 | 0,68 | 0,63 | 0,68 | 0,03 | 0,9730 | 0,7796 |
| Aspartato aminotransferase, U/L | 89,17 | 96,48 | 99,94 | 117,90 | 5,25 | 0,0621 | 0,6123 |
| Alanina aminotransferase, U/L | 20,54 | 26,03 | 23,22 | 23,52 | 0,97 | 0,4668 | 0,1720 |
| Gama glutamil transferase, U/L | 52,46 | 45,92 | 48,47 | 42,40 | 2,61 | 0,1974 | 0,9608 |
| Cálcio, mg/dL | 7,49 | 7,62 | 7,60 | 7,64 | 0,08 | 0,5521 | 0,7756 |
| Sódio, mmol/L | 158,70 | 154,16 | 158,70 | 154,10 | 1,22 | 0,4043 | 0,9899 |
| Fósforo, mg/dL | 7,95 | 8,04 | 8,39 | 8,32 | 0,22 | 0,4829 | 0,8606 |
| Magnésio, mg/dL | 2,23 | 2,24 | 2,05 | 2,05 | 0,05 | 0,0994 | 0,9532 |

303 ¹EPM = Erro padrão da média

DISCUSSÃO

304

305 Os consumos de MO, PB e NDT reduziram com os níveis de inclusão de GB na dieta
306 (Tabela 4), o que pode ser explicado pela diminuição no consumo de MS pelos animais. Da
307 mesma forma, os consumos de FDN e CNF decresceram linearmente ($P<0,05$) com o
308 aumento dos níveis de GB na dieta, provavelmente, devido à redução na ingestão de MS,
309 como também pela diminuição dos respectivos teores nas dietas.

310

Em contrapartida, o consumo de EE foi maior em animais submetidos a dietas com
311 inclusão de GB, o que pode ser atribuído ao elevado teor de ácidos graxos totais (45,57%)
312 presente no coproduto utilizado. De acordo com Lage et al. (2010), concentrações elevadas
313 de ácidos graxos na glicerina podem ser explicadas por falhas no processo de separação entre
314 biodiesel e glicerol, fato observado principalmente em agroindústrias de biodiesel de
315 pequeno porte.

316

Segundo o NRC (2007), as ingestões de MS, PB e NDT para animais do grupo genético
317 e nível de produção estudados deveriam estar próximas a 800 g/dia; 110 g/dia e 530 g/dia,
318 respectivamente. No entanto, apenas os animais que receberam a dieta-controle tiveram os
319 consumos de MS e NDT (775,92 e 578,30 g/dia) próximos aos recomendados pelo referido
320 sistema. Por outro lado, os animais alimentados com as dietas-controle e 6% de GB
321 consumiram 120,87 e 101,98 g/dia PB, respectivamente, próximo à recomendação do NRC
322 (2007). No entanto, quando observamos os valores de PB efetivamente consumida, percebe-
323 se que os animais de todos os tratamentos consumiram o valor de PB acima do preconizado
324 pelo NRC (2007).

325

A redução do consumo da MS e dos demais componentes pode ter ocorrido em virtude
326 do teor elevado de impurezas, haja vista que a GB utilizada no presente trabalho foi de baixa
327 pureza, pois continha 63,06% de glicerol; e teores de ácidos graxos totais, sódio (Na) e água
328 de 45,57; 0,27 e 20,7% na MS, respectivamente. Segundo Tyson et al. (2004), os minerais,
329 as impurezas nos óleos reciclados e os reagentes usados na transesterificação são os
330 principais problemas da glicerina de biodiesel, pois podem limitar o consumo.

331

Partindo-se desse pressuposto, é possível inferir que o maior teor de EE presente na
332 dieta dos animais que ingeriram os níveis mais elevados de GB pode ter contribuído para a
333 redução do consumo de MS, haja vista que os ruminantes são relativamente intolerantes a
334 altos níveis de gordura na dieta e a ingestão de alimentos tende a reduzir quando os níveis
335 de lipídios excedem 6% na dieta (PALMQUIST; JANKINS, 1980).

336 Diminuição na ingestão tem sido reportada quando são fornecidas dietas contendo GB
337 de baixa pureza, como pode ser observado no trabalho de Lage et al. (2014a), que avaliaram
338 inclusão de 0; 3; 6; 9 e 12% de GB (glicerol 36,2; lipídios 46,5; metanol 8,7; e água 6,2% na
339 MS) na dieta de cordeiros Santa Inês, não castrados, cujos consumos foram de 1121; 1115;
340 899; 942 e 783 g/dia, respectivamente.

341 Nesse mesmo contexto, Chanjula et al. (2016), em pesquisa com caprinos (Nativo da
342 Tailândia x Alгло Nubiano), avaliando 0; 2; 4 e 6% de GB (63,42% de glicerol; 47,78 % de
343 EE; 4,38% de metanol e 13,93% de água), relataram que os animais alimentados com dietas
344 contendo 6% de GB apresentaram menor consumo de MS, MO, PB, FDN e FDA,
345 comparativamente às respostas dos demais tratamentos, e atribuíram esse comportamento ao
346 maior percentual de lipídios na dieta com maior nível de GB, corroborando com os
347 resultados encontrados no presente trabalho.

348 Por outro lado, quando a GB das dietas é considerada de média pureza, não têm sido
349 observados efeitos sobre as ingestões de MS, MO, PB, FDN (CHANJULA et al., 2015,
350 2014), utilizando níveis crescentes de GB (87,61% de glicerol e 0,64% de metanol) para
351 substituir o milho em dietas para caprinos.

352 Teores de EE na dieta acima de 6% podem comprometer a digestibilidade da FDN
353 decorrente da inibição do crescimento de bactérias, especialmente as celulolíticas, e de
354 protozoários (TAMMINGA; DOREAU, 1991), e do recobrimento físico da fibra por
355 lipídios, que dificulta a ação dos microrganismos (JENKINS; MCGUIRE, 2006). No
356 entanto, esse comportamento não foi observado nesta pesquisa.

357 Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Chanjula et al. (2014), Bartoň et
358 al. (2013) e Ramos e Kerley (2012) ao avaliarem digestibilidade em caprinos, bem como
359 com o estudo de Benedeti et al. (2016), em que dietas com níveis mais altos de GB para
360 bovinos promoveram tempo de retenção da digesta mais longo no rúmen. Nesse contexto, o
361 tempo de retenção do alimento no ambiente ruminal é altamente correlacionado com o nível
362 de alimentação, visto que maiores taxas de passagem resultam de maiores consumos (VAN
363 SOEST, 1994).

364 Alguns estudos relataram efeito negativo da digestibilidade dos nutrientes em
365 ruminantes com o aumento dos níveis de GB (CHANJULA et al., 2016; SHIN et al., 2012;
366 EL-NOR et al., 2010), principalmente com redução na digestibilidade da FDN,
367 aparentemente a partir da inibição de crescimento de bactérias celulolíticas (*Butyrivibrio*
368 *fibrisolvens* e *Selenomonas ruminantium*).

369 Os efeitos da GB sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes em ruminantes têm
370 sido conflitantes e a variação na composição química, bem como a quantidade e grau de
371 pureza da GB utilizada em diferentes estudos pode ser uma explicação para os resultados
372 obtidos.

373 O tempo despendido com alimentação (h e %) não foi influenciado, embora tenha
374 ocorrido redução no CMS (Tabela 5). Tal aparente incoerência pode ser justificada pela
375 alteração no comportamento ingestivo dos animais alimentados com GB, que necessitam de
376 maior tempo para consumir alimentos em relação a dietas sem glicerina (TRABUE et al.,
377 2007).

378 O tempo de ruminação (h e %) aumentou com os níveis de GB. Esse fato pode ser
379 explicado pelo tempo de retenção mais longo no rúmen das dietas com níveis mais altos de
380 GB (BENEDETI et al., 2016). Altos níveis de glicerol reduzem a população de
381 microrganismos ruminais, principalmente as bactérias fibrolíticas, podendo estar
382 relacionado a três fatores principais: a formação de um ambiente pouco favorável à
383 multiplicação dessas bactérias, como osmolaridade e pH; o encapsulamento das partículas
384 fibrosas, evitando a aderência das bactérias; e a competição ou preferência por outro
385 substrato (D'AUREA et al., 2017). Adicionalmente, como a GB utilizada no presente
386 trabalho continha 45,57% de ácidos graxos totais, provavelmente pode ter contribuído para
387 o aumento observado no tempo de ruminação.

388 A inclusão de GB reduziu o tempo despendido em ócio, à medida que se intensificou
389 o tempo de ruminação. As eficiências de alimentação (g MS/h e g FDN/h) seguiram a mesma
390 tendência do consumo de MS. A eficiência de ruminação, expressa em g MS/h e g FDN/h,
391 provavelmente, diminuiu em função da redução no consumo de FDN, uma vez que GB não
392 apresenta fibra em sua composição. Já o consumo de água reduziu com a inclusão da GB;
393 esse comportamento pode ser atribuído também à redução no consumo de MS.

394 Embora tenha ocorrido redução no CMS, não foi observado diminuição no GMD
395 (Tabela 6), provavelmente porque as quantidades dos nutrientes das dietas, principalmente
396 energia e proteína, foram suficientes para suprir às exigências de manutenção e proporcionar
397 pequenos ganhos em peso. Todos os animais avaliados apresentaram GMD de $0,09 \pm 0,01$
398 kg, abaixo do preconizado pelo NRC (2007), para a categoria animal utilizada e ganho em
399 peso previsto (0,15 kg/dia).

400 Comportamento semelhante foi relatado por Ramos e Kerley (2012), que observaram
401 redução na ingestão de MS sem, contudo, influenciar o PC final de novilhos alimentados
402 com níveis de GB (5; 10; 15 e 20%) na dieta.

403 Com a inclusão de glicerina bruta em substituição ao milho houve uma elevação dos
404 níveis de colesterol (Tabela 7), ficando acima dos valores de 80 a 130 mg/dL recomendados
405 por Kaneko et al. (2008).

406 Embora tenha ocorrido redução na ingestão de matéria seca, a GB utilizada neste
407 trabalho continha 45,57% de ácidos graxos totais, o que resultou no aumento do consumo
408 de EE; este fato pode ter contribuído para elevação do colesterol na corrente sanguínea,
409 assim como com o aumento no teor de EE na dieta acarretou no aumento no teor de NDT,
410 consequentemente, mais energia na dieta.

411 De acordo com Nunes et al. (2010), dietas com maiores teores de EE promovem
412 elevação das concentrações séricas de colesterol, o que pode ser confirmado pelo nível de
413 beta-hidroxiacetato obtido no presente estudo. Este dado sugere que provavelmente não
414 houve mobilização de tecido adiposo a corpos cetônicos na circulação sanguínea.

415 Elevadas concentrações de AGNE na circulação sanguínea são usadas para indicar a
416 mobilização de gordura durante período de insuficiente consumo de energia, resultando em
417 lipólise do tecido adiposo (ERICKSON et al., 1992), fato não observado no presente estudo.

418 De acordo com González (2000) e Tokarnia et al. (2010), a concentração de ureia está
419 diretamente relacionada ao aporte proteico da ração, absorção da amônia no rúmen,
420 metabolismo proteico no tecido animal e da relação energia e proteína da dieta. Elevada
421 concentração de ureia sanguínea significa excesso de proteína e déficit energético. Os
422 valores de referência para ureia em caprinos se situam entre 21,4 – 42,8 (KANEKO et al.,
423 2008), estando os valores encontrados dentro dos padrões normais. Assim, pode-se inferir
424 que houve uma boa relação entre energia e proteína consumida pelos animais.

425 Foi possível observar que o nível sérico de albumina ($2,60 \pm 0,04$ g/dL) ficou sutilmente
426 abaixo dos valores de referência de 2,70-3,90 g/dL (KANEKO et al., 2008). Este fato pode
427 ter sido influenciado pela redução no consumo de proteína.

428 As concentrações séricas de proteína total e globulina estão de acordo com valores de
429 referência (6,4 a 7,0 g/dL e 2,7 a 3,9; KANEKO et al., 2008), respectivamente. A diminuição
430 das proteínas totais (PT) relaciona-se com deficiência nutricional, transtornos renais e
431 intestinais, comprometimento hepático, parasitismo e hemorragias (GONZÁLEZ et al.,
432 2000). Adicionalmente, segundo Kaneko et al. (2008), dietas com menos de 10% de proteína
433 causam diminuição nos níveis proteicos do sangue; este fato não foi observado desse estudo.

434 A creatinina sérica permaneceu abaixo dos valores de referência (1,0 – 1,8 mg/dL
435 KANEKO et al., 2008), uma vez que sua excreção somente é realizada por via renal, níveis
436 altos de creatinina indicam uma deficiência na funcionalidade renal, tais como: desidratação,

437 insuficiência renal ou atividade muscular intensa e prolongada (GONZÁLEZ; SILVA,
438 2006). Nesse contexto, por estar relacionada ao metabolismo muscular, o aumento na
439 creatinina também pode ser utilizado como indicador de danos ou lesões neste tecido
440 (GONZÁLEZ et al., 2000).

441 Os valores médios observados para as enzimas aspartato aminotransferase (AST) e
442 alanina aminotransferase (ALT) foram de $100,87 \pm 10,57$ e $23,33 \pm 2,25$, respectivamente.
443 Estes valores se encontram abaixo dos valores máximos críticos para caprinos sugerido por
444 Kaneko et al. (2008), que são de 167 a 513 U/L e 30 U/L, respectivamente. O valor máximo
445 encontrado para a enzima GGT foi de 47,31 U/L, dentro do intervalo de referência
446 apresentado por Kaneko et al. (2008), de 20 – 56 U/L.

447 De acordo com Thrall et al. (2007), danos hepáticos, musculares, eritrocitários e
448 renais podem elevar a AST e ALT; e danos no fígado podem elevar os valores séricos de
449 GGT, comportamento que não foi evidenciado neste estudo, mesmo para os tratamentos com
450 níveis mais altos de glicerina bruta.

451 O valor de sódio (Na) ($156,42 \pm 2,64$ mmol/L) ficou levemente acima do valor
452 máximo indicado por Kaneko et al. (2008), que é de 142 - 155 mmol/L para caprinos. Como
453 o Na não foi influenciado pelos níveis de inclusão de GB, ela não foi responsável pela
454 elevação dos níveis séricos de Na, tendo em vista que a GB utilizada nesta pesquisa continha
455 0,27% de sódio em sua composição. Elevações nos níveis de minerais ocorrem
456 principalmente por aumento da ingestão de sólidos, perda excessiva de água e fluidos ou por
457 ingestão inadequada de água (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

458 Os valores de cálcio (Ca) ($7,59 \pm 0,07$ mg/dL) e magnésio (Mg) ($2,14 \pm 0,11$ mg/dL)
459 ficaram abaixo dos valores de referência apresentados por Kaneko et al. (2008), de 8,9 a 11,7
460 mg/dL e 2,8 a 3,6 mg/dL, respectivamente; mas provavelmente não foram suficientes para
461 desencadear síndromes metabólicas graves, uma vez que o desempenho animal não foi
462 comprometido, já que o consumo de MS diminuiu linearmente e o ganho em peso não foi
463 influenciado pelo aumento de GB em suas dietas.

464 O Ca é um mineral que está muito ligado ao metabolismo dos animais. Está envolvido
465 na mineralização óssea, regulação metabólica, coagulação sanguínea, contração muscular,
466 além de atuar na transmissão de impulsos nervosos (GONZÁLEZ, 2000). No sangue, o
467 cálcio na forma orgânica, em sua maior parte, está ligada a albumina; desse modo, uma
468 redução nos níveis de albumina levará à queda do valor de cálcio sanguíneo (GONZÁLEZ;
469 SILVA, 2006), o que corrobora com os resultados obtidos neste estudo, em que foi possível
470 observar redução dos níveis de albumina, que podem justificar a redução dos níveis de cálcio.

471 O excesso de potássio pode inibir a absorção de magnésio e levar até a
472 hipomagneseemia, que é configurada quando os níveis de magnésio estão abaixo de 1,75
473 mg/dL, e os sintomas aparecem quando os níveis caem a 1,0 mg/dL (GONZÁLEZ; SILVA,
474 2006), situação que não foi evidenciada neste estudo.

475 O fósforo teve como valor médio $8,18 \pm 0,21$ mg/dL, que ficou dentro do intervalo
476 preconizado por Kaneko et al. (2008), de 4,2 a 9,1 mg/dL. Em ruminantes, grandes
477 quantidades de fósforo são recicladas pela saliva e há absorção no rúmen e no intestino,
478 levando a variações nos níveis deste mineral. Sua presença no rúmen faz-se necessária para
479 a manutenção da atividade da microflora e, por consequência, uma digestão adequada dos
480 alimentos (GONZÁLEZ, 2000).

481

482

CONCLUSÃO

483 A glicerina bruta contendo 63,06% de glicerol pode substituir parcialmente o milho e
484 ser incluída em até 18% na matéria seca na dieta de caprinos em confinamento, sem
485 comprometer a digestibilidade, melhorando a eficiência alimentar.

486

487

488

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

REFERÊNCIAS

500

501 AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the**
502 **Association of the Analytical Chemists**. Virginia, 17 ed., 2000.

503

504 ALMEIDA, Marco Tulio Costa et al. Effects of high concentrations of crude glycerin in
505 diets for feedlot lambs: feeding behaviour, growth performance, carcass and non-carcass
506 traits. **Animal Production Science**, v. 58, n. 7, p. 1271-1278, 2017. doi:10.1071/AN16628.

507

508 ANDRADE, Gilcifran Prestes, et al. Evaluation of crude glycerin as a partial substitute of
509 corn grain in growing diets for lambs. **Small Rumin. Res.** 165: 41-47, 2018.
510 doi:10.1016/j.smallrumres.2018.06.002.

511

512 ANP, Agência Nacional do Petróleo. 2018. **Produção Nacional de Biodiesel Puro – B100**.
513 Agência nacional de petróleo, gases natural e biocombustível. Disponível em:
514 <http://www.anp.gov.br/?dw=8740>. Acesso em 06 mai. 2018.

515

516 ANP, Agência Nacional do Petróleo, 2017. **Statistical yearbook 2017**. Disponível em:
517 [http://www.anp.gov.br/wwwanp/publicacoes/anuario-estatistico/3819-anuario-estatistico-](http://www.anp.gov.br/wwwanp/publicacoes/anuario-estatistico/3819-anuario-estatistico-2017/)
518 [2017/](http://www.anp.gov.br/wwwanp/publicacoes/anuario-estatistico/3819-anuario-estatistico-2017/). Acesso em 19 set. 2017.

519

520 BARTOŇ, L. et al. 2013. Effects of long-term feeding of crude glycerine on performance,
521 carcass traits, meat quality, and blood and rumen metabolites of finishing bulls. **Livestock**
522 **Science**, 155: 53-59, 2013. doi:10.1016/j.livsci.2013.04.010.

523

524 BENEDETI, Pedro Del Bianco et al. Partial replacement of ground corn with glycerol in
525 beef cattle diets: intake, digestibility, performance, and carcass characteristics. **PloS one**, v.
526 11, n. 1, p. e0148224, 2016.

527

528

529 BENEDETI, Pedro Del Bianco et al. Effects of partial replacement of corn with glycerin on
530 ruminal fermentation in a dual-flow continuous culture system. **PloS one**, v. 10, n. 11, p.
531 e0143201, 2015.

532

533

534 BÜRGER, Peter Johann et al. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses
535 alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de**
536 **Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 236-242, 2000. doi:10.1590/S1516-35982000000100031.

537

538 CHANJULA, Pin et al. Effects of crude glycerin from waste vegetable oil supplementation
539 on feed intake, ruminal fermentation characteristics, and nitrogen utilization of goats.
540 **Tropical animal health and production**, v. 48, n. 5, p. 995-1004, 2016. doi:10.1007/
541 s11250-016-1047-0.

542

- 543 CHANJULA, P.; PAKDEECHANUAN, P.; WATTANASIT, S. Effects of feeding crude
544 glycerin on feedlot performance and carcass characteristics in finishing goats. **Small**
545 **Ruminant Research**, v. 123, n. 1, p. 95-102, 2015. doi:10.1016/j.smallrumres.2014.11.011.
546
- 547 CHANJULA, P.; PAKDEECHANUAN, P.; WATTANASIT, S. Effects of dietary crude
548 glycerin supplementation on nutrient digestibility, ruminal fermentation, blood metabolites,
549 and nitrogen balance of goats. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 27, n. 3,
550 p. 365-374, 2014. doi:10.5713 / ajas.2013.13494.
551
- 552 D'AUREA, A. P. et al. Glycerin associated with urea in finishing cattle: ruminal
553 fermentation, digestibility and microbial mass. **Arquivo Brasileiro de Medicina**
554 **Veterinária e Zootecnia**, v. 69, n. 1, p. 146-154, 2017. doi:10.1590/1678-4162-8896.
555
- 556 DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. On the estimation of non-fibrous
557 carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e**
558 **Zootecnia**, v. 62, n. 4, p. 980-984, 2010. doi:10.1590/S0102-09352010000400030.
559
- 560 DIAS, Juliano Cesar et al. Crude glycerin in meat goat diets: intake, performance and carcass
561 traits. **Ciência Rural**, v. 46, n. 4, p. 719-724, 2016. doi:10.1590/0103-8478cr20141489.
562
- 563 EL-NOR, S. Abo et al. Effects of differing levels of glycerol on rumen fermentation and
564 bacteria. **Animal Feed Science and Technology**, v. 162, n. 3-4, p. 99-105, 2010.
565 doi:10.1016/j.anifeedsci.2010.09.012.
566
- 567 ERICKSON, P. S.; MURPHY, M. R.; CLARK, J. H. Supplementation of Dairy Cow Diets
568 with Calcium Salts of Long-chain Fatty Acids and Nicotinic Acid in Early Lactation1.
569 **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 4, p. 1078-1089, 1992. doi: 10.3168/jds.S0022-
570 0302(92)77852-7.
571
- 572 GONZÁLEZ, F. H. D. Uso do perfil metabólico para determinar o status nutricional em gado
573 de corte. **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. ed.
574 Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 63-74, p. 2000.
575
- 576 GONZÁLEZ, F. H. D.; Silva, S. C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 2. ed.
577 Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006, 364 p.
578
- 579 HIPPEN, A.; DEFRAIN, J. M.; LINKE, P. L. Glycerol and Other Energy Sources for
580 Metabolism and Production of Transition Dairy Cows. In: **Florida Ruminant Nutrition**
581 **Symposium** – Best Western Gateway Grand Gainesville, Flórida. Proceedings...
582 Gainesville: University of Florida, 2008.
583
- 584 JENKINS, T. C.; MCGUIRE, M. A. Major advances in nutrition: impact on milk
585 composition. **J. Dairy Sci.**, 89, 1302-1310, 2006. doi:10.3168 / jds.S0022-0302 (06) 72198-
586 1.
587

- 588 JOHNSON, T. R.; COMBS, D. K. Effects of prepartum diet, inert rumen bulk, and dietary
589 polyethylene glycol on dry matter intake of lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.**, 74, 933-944,
590 1991. doi:10.3168 / jds.S0022-0302 (91) 78243-X.
591
- 592 KANEKO, Jiro Jerry; HARVEY, John W.; BRUSS, Michael L. (Ed.). **Clinical**
593 **biochemistry of domestic animals**. Academic press, 2008.
594
- 595 KREHBIEL, C.R. Ruminant and physiological metabolism of glycerin. **J. Anim. Sci.** 86 (E-
596 Suppl. 2), 392 (abstracts), 2008.
597
- 598 LAGE, J. F. et al. Carcass characteristics of feedlot lambs fed crude glycerin contaminated
599 with high concentrations of crude fat. **Meat science**, v. 96, n. 1, p. 108-113, 2014.
600 doi:10.1016 / j.meatsci.2013.06.020.
601
- 602 LAGE, Josiane Fonseca et al. Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em
603 confinamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 9, p. 1012-1020, 2011.
604 doi:10.1590/S0100-204X2010000900011.
605
- 606 MARTIN, P.; BATESON, P. **Measuring behavior: an introductory guide**. 3. Ed. New York:
607 Cambridge: University Press, 1993.
608
- 609 NRC. **Nutrient Requirements of Small Ruminants**, 7th ed. Natl. Acad. Press, Washington,
610 DC, 408, 2007.
611
- 612 NUNES, Alexsandro Silva et al. Condição hepática de cordeiros mantidos com dietas
613 contendo torta de dendê proveniente da produção de biodiesel. **Revista Brasileira de**
614 **Zootecnia**, v.39, n.8, p.1825-1831, 2010. doi:10.1590/S1516-35982010000800027.
615
- 616 OECD/FAO. 2016. OECD-FAO Agricultural Outlook 2016–2025. OECD Publishing, Paris.
617 Disponível em: https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-en/. Acesso em 23 Out. 2017.
618
- 619 PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in lactation rations: review. **J. Dairy Sci.**, 63, 1-14,
620 1980. doi:10.3168 / jds.S0022-0302 (80) 82881-5.
621
- 622 RAMOS, M. H.; KERLEY, M. S. Effect of dietary crude glycerol level on ruminal
623 fermentation in continuous culture and growth performance of beef calves. **J. Anim. Sci.**,
624 90:892-899, 2012. doi:10,2527 / jas.2011-4099.
625
- 626 SANTOS, D. A. et al. Desempenho produtivo de cabritos alimentados com glicerina bruta.
627 **Ciênc. Rural**, Santa Maria, 45, 690-696, 2015. doi:10.1590/0103-8478cr20140536.
628
- 629 SAS. **Institute Inc. Statistical Analysis System Introductory Guide for Personal**
630 **Computers**. Release. Cary, (NC: Sas Institute Inc.), 2001.
631

- 632 SHIN, J. H. et al. Effects of feeding crude glycerin on performance and ruminal kinetics of
633 lactating Holstein cows fed corn silage-or cottonseed hull-based, low-fiber diets. **Journal of**
634 **dairy science**, v. 95, n. 7, p. 4006-4016, 2012. doi: 10.3168 / jds.2011-5121.
635
- 636 TAMMINGA, S.; DOREAU, M. Lipids and rumen digestion. In: Jouany, J.P. (Ed.). **Rumen**
637 **microbial metabolism and ruminant digestion**. Paris: Institut National de la Recherche
638 Agronomique, 151-164, 1991.
639
- 640 THRALL, M.A. **Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária**. 1ª ed. Ed Roca, 2007,
641 582p.
642
- 643 TRABUE, S. et al. Ruminal fermentation of propylene glycol and glycerol. **J. Agric. and**
644 **Food Chem.**, 55, 7043-7051, 2007. doi:10.1021/jf071076i.
645
- 646 TOKARNIA, C.H. et al. **Deficiências minerais em animais de produção**. Helianthus, Rio
647 de Janeiro, 2010, 191 p.
648
- 649 TYSON, K. S., BOZELL, J., WALLACE, R. **Biomass oil analysis: research needs and**
650 **recommendations**. National Renewable Energy Laboratory. Golden, Colorado, 2004.
651
- 652 VAN CLEEF, E. H. C. B. et al. Effects of dietary inclusion of high concentrations of crude
653 glycerin on meat quality and fatty acid profile of feedlot fed Nellore bulls. **PLoS One**. 12: e
654 0179830, 2017. doi:0.1371/journal.pone.0179830.
655
- 656 VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral
657 detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of**
658 **Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
659
- 660 VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca, NY, USA: Cornell
661 University Press, 476, 1994.
662
- 663 WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: Cornell Nutrition
664 Conference Feed Manufactures, 61. Ithaca. Proceedings... Ithaca: Cornell University, 176-
665 185, 1999.
666
- 667
- 668
- 669
- 670
- 671

CAPÍTULO 2

**Características de carcaça e qualidade da carne de caprinos alimentados com
glicerina bruta de baixa pureza em substituição ao milho**

34 **CARCASS CHARACTERISTICS AND MEAT QUALITY OF GOATS FED**
35 **WITH CRUDE GLYCERINE OF LOW PURITY IN REPLACING CORN**

36
37 **ABSTRACT**

38
39 The objective of this study was to evaluate the effects of the inclusion of crude glycerin
40 on the confined goat diet on carcass characteristics, non-constituent components of the
41 carcass and meat quality. Forty goats without defined racial pattern were used, with initial
42 body weight of $19,70 \pm 2,30$ kg. The treatments consisted of inclusion of CG in the levels
43 of 0; 6; 12 e 18% in DM. The experimental design was completely randomized, with 10
44 repetitions. The empty body weights, of carcass hot and cold, as well as the pH 24 hours
45 *post mortem* and the Longissimus muscle área decreased linearly. It was observed that
46 the blood was influenced quadratically, with a minimum point of 0,75 kg, at the level of
47 15% of CG. The perimeter of the leg presented quadratic behavior, with minimum point
48 of 28,12 cm, at the level of 12 % of CG. The perimeter of the chest and the carcass
49 compactness index declined linearly. The cuts shoulder, rib, breast and leg were
50 influenced in a linearly decreasing form. In relation to tissue composition of the leg it was
51 observed that the leg weights, muscle and bone declined linearly. The inclusion of CG
52 did not affect the physicochemical parameters of meat, such as color (L^* , a^* and b^*),
53 water retention capacity (WRC), weight loss cook (WLC), shear force (SF) and pH. The
54 moisture, mineral matter (MM) and ether extract (EE) of meat were influenced by the
55 inclusion of GB in the diet. The crude protein (CP) of the meat was not affected by the
56 increase of CG levels. The level of 18% of CG presented higher gross profit (R\$ 11,24)
57 and rate of return of confinement (6,22%). GB can be included in the goat diet by up to
58 18% in dietary DM. Crude glycerin may partially replace corn and be included in up to
59 18% of the dry matter of the goat diet in feedlot.

60
61 **Keywords:** Economic Analysis. Coproduct. Glycerol. Meat Cuts. Morphometric
62 measurements.

63

64

65

66

67 **INTRODUÇÃO**

68 A glicerina bruta (GB) é um coproduto da indústria do biodiesel que vem sendo
69 utilizada amplamente em dietas para ruminantes como fonte alternativa de energia, em
70 substituição ao milho, principalmente nos períodos de estiagem nas regiões semiáridas
71 (CARVALHO et al., 2015; VAN CLEEF et al., 2014).

72 O glicerol, principal constituinte da GB, quando adicionado à dieta de ruminantes
73 modifica a proporção acetato:propionato no rúmen, favorecendo um aumento na
74 concentração de propionato (BENEDETI et al., 2015), atuando como um precursor para
75 a síntese de glicose hepática. Assim, a substituição de milho por glicerina bruta pode
76 elevar a deposição de gordura intramuscular na carcaça (CARVALHO et al., 2014;
77 VERSEMANN et al., 2008).

78 Recentes estudos avaliaram os efeitos da inclusão de GB (acima de 80% de glicerol)
79 na dieta de ruminantes sobre características de carcaça (ROMANZINI et al., 2017;
80 BENEDETI et al., 2016; CARVALHO et al., 2015). Contudo, um número limitado de
81 estudos avaliou os efeitos da glicerina bruta em dietas de caprinos em confinamento.

82 Hipotetizou-se que a glicerina bruta pode ser incluída na dieta de caprinos em
83 confinamento em concentrações de até 18% na MS, sem comprometer as características
84 de carcaça, carne, componentes não carcaça e análise econômica. Portanto, objetivou-se
85 avaliar os efeitos da inclusão da glicerina bruta na dieta de caprinos em confinamento
86 sobre as características de carcaça, rendimentos de cortes comerciais, composição
87 tecidual da perna, qualidade da carne, componentes não constituintes da carcaça e análise
88 econômica.

89

90 **MATERIAL E MÉTODOS**

91 Todos os procedimentos utilizados nesta pesquisa foram aprovados pelo Comitê de
92 Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE),
93 segundo a Licença n° 059/2016.

94 O experimento foi realizado no Setor de Pequenos Ruminantes do Departamento
95 de Zootecnia da UFRPE, localizado no município de Recife, PE, Brasil. Foram utilizados
96 quarenta caprinos, machos castrados, sem padrão racial definido, com peso corporal (PC)
97 inicial médio de $19,70 \pm 2,30$ kg. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente
98 casualizado, com o PC inicial utilizado como covariável.

99 Os animais foram alojados em baias com dimensões de 1,0 m x 1,8 m, providas de
100 comedouros e bebedouros individuais. O período experimental teve duração de 86 dias,
101 sendo 28 de adaptação e 58 dias para avaliação e coleta de dados e amostras.

102 As dietas foram formuladas para serem isonitrogenadas e atender às exigências
103 nutricionais de um caprino com PC médio de 25kg e ganho médio diário estimado em
104 150 g/dia, de acordo com NRC (2007). Os tratamentos experimentais consistiram de
105 inclusão de glicerina bruta (GB) nos níveis de 0; 6; 12 e 18 %, com base na matéria seca.
106 As proporções dos ingredientes e a composição química das dietas experimentais estão
107 apresentadas na Tabela 1.

108

109 **Tabela 1.** Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais

| Itens | Glicerina bruta, % | | | |
|---|--------------------|------|------|------|
| | 0 | 6 | 12 | 18 |
| Ingredientes, g/kg MS | | | | |
| Feno de tifton | 499 | 499 | 499 | 499 |
| Milho moído | 380 | 318 | 256 | 195 |
| Glicerina bruta | 0,0 | 60,0 | 120 | 180 |
| Farelo de soja | 98,0 | 98,0 | 98,0 | 98,0 |
| Ureia/S ¹ | 5,0 | 7,0 | 9,0 | 10,0 |
| Suplemento mineral ² | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 |
| Calcário calcítico | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| Composição química | | | | |
| Matéria seca ³ | 905 | 899 | 894 | 889 |
| Matéria orgânica ⁴ | 927 | 924 | 921 | 919 |
| Proteína Bruta ⁴ | 145 | 143 | 142 | 141 |
| Extrato etéreo ⁴ | 25,0 | 49,0 | 73,0 | 97,0 |
| Fibra em detergente neutro _{cp} ^{4,5} | 390 | 382 | 374 | 366 |
| Carboidrato não fibroso ⁴ | 367 | 350 | 332 | 315 |
| NDT | 761 | 815 | 810 | 824 |

110 ¹Ureia corrigida com enxofre na proporção 9:1.

111 ²Níveis de garantia (nutrientes/kg): Cálcio-240g; Enxofre-20g; Fósforo-71g; Potássio-28.20g; Magnésio-
112 20g; Cobre- 400mg; Cobalto-30mg; Cromo-10mg; Ferro-2500mg; Flúor máximo-710mg; Iodo-40mg;
113 Manganês-1350mg; Selênio-15mg e Zinco- 1700mg. ³g/kg matéria natural.

114 ⁴g/kg matéria seca.

115 ⁵cp - Fibra em detergente neutro tratada com alfa-amilase termoestável e corrigida para cinzas e compostos
116 nitrogenados.

117

118 A GB usada neste estudo é originada do processo de transesterificação do óleo
119 vegetal do caroço de algodão e continha 20,7% de água; 63,06% de glicerol; 45,57% de
120 ácidos graxos totais, 0,27% de sódio, 3,68% de metanol.

121 A alimentação foi ofertada à vontade, na forma de mistura completa, para permitir
122 aproximadamente 15% de sobras, às 08h00 e 15h00, que foram pesadas diariamente,
123 antes da alimentação matinal, para calcular o consumo. As amostras dos alimentos e
124 sobras foram coletadas ao longo do experimento, identificadas, pesadas e armazenadas a
125 - 18°C para confecção de uma amostra composta por animal; posteriormente, as amostras
126 foram pré-secas em estufa com circulação forçada de ar a 55°C, por 72h e moídas em
127 moinho de faca tipo Willey (TE-648 - Tecnal®).

128 As análises de composição química foram realizadas da seguinte forma: MS
129 (Método 930,15; AOAC, 2000), PB (Método 984,13; AOAC, 2000), MM (Método
130 942,05; AOAC, 2000); extrato de éter (método 920,39, AOAC, 2000); FDN e FDA (VAN
131 SOEST et al., 1991). A fibra em detergente neutro foi tratada com alfa-amilase
132 termoestável e corrigido para cinzas e proteína.

133 Os conteúdos de carboidratos não-fibrosos (CNF) foram estimados de acordo com
134 Detmann e Valadares Filho (2010): $CNF = 100 - [(\%PB - \%PB_{Ureia} + \%Ureia) +$
135 $\%FDN_{cp} + \%EE + \%MM]$, em que PB_{Ureia} e FDN_{cp} significam proteína bruta advinda
136 da ureia e fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, respectivamente. E
137 o consumo dos nutrientes digestíveis totais foi obtido segundo equação proposta por
138 Weiss (1999) $CNDT = PBD + (2,25 \times EED) + FDND + CNFD$, em que CNDT, PBD,
139 EED, FDND e CNFD significam, respectivamente, consumo de nutrientes digestíveis
140 totais, proteína bruta digestível, extrato etéreo digestível, fibra em detergente neutro
141 digestível e carboidrato não-fibroso digestível.

142 Decorridos 86 dias de confinamento, os animais foram submetidos a jejum de
143 sólidos por 16 horas e, posteriormente, pesados, para obtenção do peso corporal ao abate
144 (PCA). O abate foi realizado segundo recomendações da Instrução Normativa N° 3, de
145 17 de janeiro de 2000, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA
146 (BRASIL, 2000).

147 Os animais foram insensibilizados com pistola de dardo cativo, seguida da
148 exsanguinação por cisão da veia jugular e da artéria carótida. Após a esfola e evisceração
149 foram retiradas a cabeça e as patas e registrado o peso da carcaça quente (PCQ). Em
150 seguida, as carcaças foram refrigeradas em câmara fria por 24 horas a 4°C; posteriormente
151 foram pesadas para obtenção do peso de carcaça fria (PCF). Com auxílio de um

152 potenciômetro digital com eletrodo de inserção foram realizadas as mensurações do pH
153 da carcaça 0 e 24 horas *post mortem* no músculo *Semimembranosus*.

154 O conteúdo do trato gastrintestinal (CTGI) foi quantificado por diferença entre os
155 pesos do trato gastrintestinal cheio e vazio. O peso corporal vazio (PCV) foi obtido por
156 meio da diferença entre o PCA e os conteúdos do TGI, da bexiga e da vesícula (CEZAR;
157 SOUSA, 2007). Foram calculados o rendimento de carcaça quente [RCQ (%) =
158 PCQ/PCA*100], o rendimento de carcaça fria [RCF (%) = PCF/PCA*100] e a perda por
159 resfriamento [PPR (%) = PCQ – PCF/PCQ*100] (CEZAR; SOUSA, 2007).

160 Foram obtidos os pesos dos componentes não constituintes da carcaça: órgãos
161 (fígado, coração, pulmão, pâncreas e rins); vísceras vazias (rúmen, retículo, omaso,
162 abomaso, intestino delgado e intestino grosso); subprodutos (sangue, pele, cabeça e
163 patas); e gorduras (mesentério, omento, interna e perirrenal (SILVA SOBRINHO, 2001).

164 A carcaça foi dividida sagitalmente. Na meia carcaça esquerda foi realizado um
165 corte transversal entre a 12ª e 13ª costelas para mensuração da área de olho-de-lombo
166 (AOL), cujo contorno do músculo foi tracejado em película plástica transparente, para
167 posterior determinação, com auxílio de planímetro digital (Haff®, modelo Digiplan). A
168 espessura de gordura subcutânea (EGS) foi medida com auxílio de um paquímetro, obtida
169 a ¾ de distância a partir do lado medial do músculo *Longissimus lumborum*.

170 Foram mensurados nas carcaças: comprimento externo, comprimento interno,
171 comprimento de perna, perímetro do tórax, perímetro da garupa, perímetro da perna,
172 profundidade do tórax, largura do tórax e largura de garupa. Foram calculados índice de
173 compacidade da perna (ICP), relação entre a largura da garupa e comprimento da perna,
174 e o índice de compacidade da carcaça (ICC), obtido pelo quociente entre o PCF e o
175 comprimento interno de carcaça (CEZAR; SOUSA, 2007).

176 A meia carcaça esquerda foi seccionada em seis regiões anatômicas que
177 correspondem aos cortes comerciais: paleta, pescoço, costela, serrote, lombo e perna. O
178 peso individual de cada corte foi registrado e calculado o respectivo rendimento (CEZAR;
179 SOUSA, 2007).

180 A perna esquerda de cada animal foi embalada à vácuo e congelada a -18° C para
181 avaliação da composição tecidual. As pernas esquerdas foram dissecadas após
182 descongelamento em câmara fria à temperatura de 4°C durante 24 horas. Com auxílio de
183 bisturi e pinça foram separados os seguintes grupos tissulares: gordura, músculo, osso e
184 outros tecidos, que foram pesados e seu rendimento calculado. Foram obtidas as relações
185 músculo:osso e músculo:gordura (BROWN; WILLIAMS, 1979).

186 Para o cálculo do Índice de musculosidade da perna (IMP) foi realizada a dissecação
187 dos cinco principais músculos que envolvem o osso do fêmur (*Biceps femoris*,
188 *Semimembranosus*, *Semitendinosus*, *Quadriceps femoris e Adductor*), os quais foram
189 pesados para cálculo, segundo a fórmula: $IMP = \sqrt{(P5M/CF)/CF}$, em que P5M representa
190 o peso dos cinco músculos (g) e CF o comprimento do fêmur (cm) (PURCHAS et al.,
191 1991).

192 A avaliação da coloração foi realizada no músculo *Longissimus lumborum*, após
193 padronização dos cortes em uma espessura de, no mínimo, 15 mm, seguida de exposição
194 ao ar por 30 minutos em ambiente refrigerado (4°C). As leituras foram realizadas com
195 auxílio de um colorímetro Konica Minolta, modelo CR-400, operando no sistema
196 CIELAB (L*, a*, b*), sendo L* a luminosidade, variando do preto (0%) ao branco
197 (100%); a* a intensidade da cor vermelha, variando do verde (-a) ao vermelho (+a); e b*
198 a intensidade da cor amarela, variando do azul (-b) ao amarelo (+b). Foram realizadas
199 três medições em diferentes pontos do músculo, utilizando-se os valores médios para
200 representação da coloração, segundo a metodologia de Wheeler et al. (1995).

201 Na avaliação das perdas de peso por cocção, os lombos foram descongelados
202 durante 24 horas, sob refrigeração (4°C), dissecados e obtidas amostras com
203 aproximadamente 1,5 cm de espessura, 3,0 cm de comprimento e 2,5 cm de largura. As
204 amostras foram pesadas, revestidas em papel alumínio e cozidas em um forno pré-
205 aquecido a 170° C até atingir 70°C no centro geométrico, sendo a temperatura monitorada
206 utilizando-se termômetro especializado para cocção de carne (Acurite®). As perdas
207 durante a cocção foram calculadas pela diferença de peso das amostras antes e depois da
208 cocção, e expressas em porcentagem (DUCKETT et al., 1998).

209 Para a determinação da força de cisalhamento das amostras cozidas remanescentes
210 do procedimento de determinação de perdas na cocção foram retiradas duas amostras
211 cilíndricas, com um vazador de 1,27 cm de diâmetro, no sentido longitudinal da fibra. A
212 força necessária para cortar transversalmente cada cilindro foi medida com equipamento
213 *Warner-Bratzler Shear Force* (G-R MANUFACTURING CO., Modelo 3000) com célula
214 de carga de 25 kgf, operando a uma velocidade de 20 cm/min (WHEELER et al., 1995).

215 Já a determinação da capacidade de retenção de água (CRA %) foi realizada de
216 acordo com a metodologia proposta por Sierra (1973), em que amostras de músculo com
217 aproximadamente 300 mg foram colocadas entre dois pedaços de papel filtro previamente
218 pesados (P1) e prensadas por cinco minutos, utilizando-se um peso de 3,4 kg. Após a
219 prensagem, as amostras de músculo foram removidas e os papéis foram novamente

220 pesados (P2). A capacidade de retenção de água foi calculada de acordo com a fórmula:
221 $CRA (\%) = (P2 - P1)/S \times 100$, em que S representa o peso da amostra.

222 Para a determinação do pH da carne, uma amostra de 10g de músculo foi pesada e
223 homogeneizada com 150 mL de água destilada, até que as partículas ficassem
224 uniformemente suspensas; em seguida, o pH foi mensurado com auxílio de um
225 potenciômetro digital, segundo metodologia descrita por Gomes e Oliveira (2011).

226 Após o processo de dissecação do pernil, foram retiradas amostras do músculo
227 *Semimembranosus*, que foram trituradas em liquidificador para obtenção de uma pasta
228 homogênea; em seguida foram liofilizadas para determinação de umidade, matéria
229 mineral, proteína e extrato etéreo, utilizando os métodos 930,15; 942,05; 984,13; e
230 920,39, respectivamente, segundo AOAC (2000).

231

232 *Análise econômica*

233 Na análise econômica foram considerados os custos relacionados à aquisição dos
234 animais e as dietas, sem computar os demais custos fixos e operacionais relativos à
235 produção caprina, já que foram comuns a todos os tratamentos.

236 Para o custo de aquisição do animal considerou-se o PCI médio dos animais e o
237 custo/kg de PC, que na ocasião foi de R\$ 7,00 (PC x R\$ 7,00). Para o cálculo do custo
238 por Kg de MS da ração foram considerados os custos individuais de cada ingrediente,
239 sendo R\$ 2,00/kg o feno de capim tifton 85; R\$ 1,13/kg o milho; R\$ 0,30/l a glicerina
240 bruta; R\$ 1,54/kg o farelo de soja; R\$ 2,68/kg a ureia; R\$ 40,00/kg o enxofre; R\$ 3,45/kg
241 o suplemento mineral e R\$ 0,20/kg, o calcário.

242 O custo da alimentação por animal foi obtido considerando o CMS, o custo/kg de
243 MS e o número de dias do confinamento. O custo total por animal correspondeu à soma
244 do custo com aquisição do animal e o custo com alimentação, por animal. A receita bruta
245 foi o produto entre o peso médio da carcaça e o valor de venda por kg de carcaça (R\$
246 20,00). O lucro bruto foi obtido pela subtração entre a receita bruta e o custo total por
247 animal. A taxa de retorno (%) foi calculada pela relação entre o lucro bruto e o custo
248 total/animal x 100 (LAGE et al., 2010).

249 Os dados foram analisados utilizando-se o PROC GLM e PROC MIXED do
250 programa estatístico SAS (versão 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC), depois de testados
251 para normalidade residual e homogeneidade da variância e adotando-se 0,05 como nível

252 crítico para o erro tipo I. O peso corporal inicial foi incluído como covariável, como
253 descrito no modelo:

$$254 \quad Y_{ij} = \beta_0 + B_1 X_{ij} + T_i + \varepsilon_{ij},$$

255

256 Onde: Y_{ij} = observação j no tratamento i , β_0 = intercepto, B_1 = coeficiente de regressão,
257 X_{ij} = covariável de peso inicial, T_i = efeito de tratamento fixo i ($i = 1$ a 4), ε_{ij} = erro
258 aleatório.

259

260 **RESULTADOS**

261 Os consumos de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis
262 totais (NDT), em g/dia, decresceram linearmente ($P < 0,05$) com o aumento dos níveis de
263 GB. O peso corporal ao abate (PCA) não foi influenciado pelos tratamentos. O conteúdo
264 do trato gastrointestinal (CTGI) apresentou comportamento linear crescente ($P < 0,05$). Os
265 pesos de corpo vazio (PCV), de carcaça quente (PCQ), de carcaça fria (PCF) e os
266 rendimentos de carcaça quente (RCQ) e carcaça fria (RCF) diminuíram linearmente
267 ($P < 0,05$) com a substituição do milho pela GB. Já a perda de peso por resfriamento (PPR)
268 e a espessura de gordura subcutânea (EGS) não foram influenciadas ($P > 0,05$),
269 apresentando médias de $5,79 \pm 1,39\%$ e $0,51 \pm 0,12$ mm, respectivamente. A área de olho
270 de lombo (AOL) e o pH 24 horas *post mortem* apresentaram efeito linear decrescente
271 (Tabela 2).

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284 **Tabela 2.** Consumo de nutrientes e características de carcaça de caprinos alimentados
 285 com dietas contendo níveis crescentes de glicerina bruta

| Item ¹ | Glicerina bruta, % | | | | EPM | <i>P</i> - valor | |
|------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|------------------|--------|
| | 0 | 6 | 12 | 18 | | L | Q |
| CMS (g/kg) | 775,92 | 664,30 | 570,88 | 477,55 | 37,868 | 0,0002 | 0,8662 |
| CPB (g/kg) | 120,87 | 101,98 | 87,61 | 72,83 | 5,792 | 0,0001 | 0,8026 |
| CNDT (g/kg) | 523,77 | 414,35 | 393,20 | 355,33 | 29,93 | 0,0320 | 0,5018 |
| PCA (kg) | 25,46 | 23,32 | 23,61 | 24,28 | 0,686 | 0,4161 | 0,1207 |
| CTGI (kg) | 4,28 | 3,99 | 4,55 | 5,61 | 0,174 | 0,0002 | 0,0095 |
| PCV (kg) | 21,11 | 19,30 | 19,04 | 18,64 | 0,584 | 0,0250 | 0,3409 |
| PCQ (kg) | 11,82 | 10,84 | 10,60 | 10,17 | 0,324 | 0,0059 | 0,4947 |
| PCF (kg) | 11,13 | 10,17 | 10,01 | 9,59 | 0,305 | 0,0068 | 0,4725 |
| RCQ (%) | 46,48 | 46,46 | 44,89 | 41,99 | 0,388 | <,0001 | 0,0106 |
| RCF (%) | 43,77 | 43,63 | 42,37 | 39,64 | 0,381 | <,0001 | 0,0299 |
| PPR (%) | 5,81 | 6,09 | 5,63 | 5,64 | 0,220 | 0,6329 | 0,7765 |
| AOL (cm ²) | 9,14 | 8,58 | 8,64 | 7,34 | 0,271 | 0,0202 | 0,4545 |
| EGS (mm) | 0,54 | 0,56 | 0,47 | 0,48 | 0,019 | 0,0939 | 0,8699 |
| pH 0 horas | 6,95 | 6,91 | 6,86 | 6,83 | 0,029 | 0,1420 | 0,9122 |
| pH 24 horas | 5,76 | 5,60 | 5,58 | 5,51 | 0,026 | 0,0004 | 0,3455 |

286 *EPM* Erro padrão da média, *L* Efeito linear, *Q* Efeito quadrático

287 ¹ g/dia, PCA peso corporal ao abate, CTGI conteúdo do trato gastrointestinal, PCV Peso corporal vazio,
 288 PCQ Peso de carcaça quente, PCF Peso de carcaça fria, RCQ Rendimento de carcaça quente, RCF
 289 Rendimento de carcaça fria, PPR Perda de peso por resfriamento, AOL Área de olho de lombo, EGS
 290 Espessura de gordura subcutânea.

291

292

293 Com relação aos componentes não constituintes da carcaça, observou-se que o
 294 sangue foi influenciado quadraticamente ($P < 0,05$), com ponto de mínima de 0,75 kg, no
 295 nível de 15% de GB. Não foi observada influência ($P > 0,05$) dos níveis de GB na dieta
 296 dos caprinos sobre os pesos da pele e cabeça, com médias de $1,52 \pm 0,28$ e $1,52 \pm 0,21$,
 297 respectivamente. Já as patas decresceram linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão da GB. A
 298 inclusão da GB nas dietas não interferiu ($P > 0,05$) no tamanho do fígado, coração, rins e
 299 pâncreas, cujas médias foram de $0,38 \pm 0,11$; $0,10 \pm 0,02$; $0,07 \pm 0,02$ e $0,04 \pm 0,01$,
 300 respectivamente. Contrariamente, o pulmão reduziu linearmente ($P < 0,05$) com a adição
 301 da GB.

302 Verificou-se que o peso do rúmen apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$), reduzindo
 303 no nível de 10,71% de GB, com ponto de mínima para 0,37 kg. O mesmo comportamento
 304 foi observado para o retículo, com ponto de mínima para 0,08kg, no nível de 7,5% de GB,
 305 os pesos do omaso, abomaso, intestinos delgado e grosso não foram afetados ($P > 0,05$)

306 pela inclusão de GB, cujas médias foram de $0,07 \pm 0,02$; $0,11 \pm 0,04$; $0,40 \pm 0,08$ e $0,21$
 307 $\pm 0,06$, respectivamente. Com relação aos depósitos de gordura, não houve influência dos
 308 tratamentos ($P > 0,05$) sobre o mesentério, omento, gordura interna e perirrenal (Tabela
 309 3).

310

311 **Tabela 3.** Componentes não constituintes da carcaça de caprinos alimentados com dietas
 312 contendo níveis crescentes de glicerina bruta

| Itens | Glicerina bruta, % | | | | EPM | <i>P</i> - valor | |
|--------------------|--------------------|------|------|------|-------|------------------|--------|
| | 0 | 6 | 12 | 18 | | L | Q |
| Sangue | 0,97 | 0,83 | 0,75 | 0,81 | 0,030 | 0,0032 | 0,0123 |
| Pele | 1,56 | 1,50 | 1,55 | 1,48 | 0,044 | 0,5115 | 0,9879 |
| Cabeça | 1,56 | 1,49 | 1,47 | 1,54 | 0,033 | 0,6964 | 0,1077 |
| Patas | 0,76 | 0,71 | 0,69 | 0,67 | 0,019 | 0,0085 | 0,6032 |
| Fígado | 0,43 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,017 | 0,0728 | 0,1482 |
| Coração | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,09 | 0,003 | 0,1092 | 0,6681 |
| Pulmão | 0,24 | 0,22 | 0,21 | 0,19 | 0,007 | 0,0067 | 0,9015 |
| Rins | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,003 | 0,1762 | 0,1752 |
| Pâncreas | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,002 | 0,7356 | 0,1794 |
| Rúmen | 0,45 | 0,38 | 0,39 | 0,43 | 0,016 | 0,6404 | 0,0284 |
| Retículo | 0,10 | 0,08 | 0,08 | 0,10 | 0,003 | 0,9322 | 0,0042 |
| Omaso | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,003 | 0,9107 | 0,3609 |
| Abomaso | 0,13 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,006 | 0,0944 | 0,0597 |
| Intestino delgado | 0,43 | 0,38 | 0,40 | 0,38 | 0,012 | 0,1566 | 0,4301 |
| Intestino grosso | 0,25 | 0,21 | 0,20 | 0,20 | 0,010 | 0,0534 | 0,3008 |
| Mesentério | 0,29 | 0,25 | 0,22 | 0,22 | 0,018 | 0,1074 | 0,5590 |
| Omento | 0,57 | 0,59 | 0,51 | 0,50 | 0,038 | 0,2984 | 0,8111 |
| Gordura interna | 0,16 | 0,16 | 0,12 | 0,14 | 0,009 | 0,0539 | 0,3458 |
| Gordura Perirrenal | 0,29 | 0,27 | 0,31 | 0,21 | 0,022 | 0,3447 | 0,3167 |

313 *EPM* Erro padrão da média, *L* Efeito linear, *Q* Efeito quadrático.

314

315 O comprimento externo, comprimento interno, largura do tórax, perímetro de
 316 garupa, largura de garupa, comprimento da perna e profundidade torácica não foram
 317 influenciados ($P > 0,05$) pelo incremento de GB nas dietas. O perímetro da perna
 318 apresentou comportamento quadrático ($P < 0,05$), com ponto de mínima de 28,12 cm, no
 319 nível de 12 % de GB. Já o perímetro do tórax e o índice de compacidade da carcaça (ICC)
 320 decresceram linearmente (Tabela 4).

321

322

323 **Tabela 4.** Medidas morfométricas da carcaça de caprinos alimentados com dietas
 324 contendo níveis crescentes de glicerina bruta

| Itens | Glicerina bruta, % | | | | EPM | <i>P</i> - valor | |
|----------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------|
| | 0 | 6 | 12 | 18 | | L | Q |
| Comprimento externo (cm) | 54,52 | 53,35 | 52,60 | 54,17 | 0,584 | 0,4165 | 0,2637 |
| Comprimento interno (cm) | 62,00 | 60,95 | 60,55 | 60,67 | 0,527 | 0,2490 | 0,4914 |
| Largura de tórax (cm) | 17,02 | 16,13 | 16,25 | 16,21 | 0,287 | 0,3068 | 0,3982 |
| Perímetro de garupa (cm) | 54,17 | 51,60 | 52,35 | 51,44 | 0,595 | 0,0598 | 0,3369 |
| Largura de garupa (cm) | 18,04 | 17,45 | 17,54 | 17,91 | 0,222 | 0,8552 | 0,2077 |
| Comprimento da perna (cm) | 39,78 | 38,70 | 38,75 | 38,56 | 0,321 | 0,1247 | 0,3957 |
| Perímetro da perna (cm) | 29,83 | 28,60 | 28,15 | 28,72 | 0,312 | 0,0630 | 0,0480 |
| Profundidade do tórax (cm) | 25,50 | 25,10 | 25,20 | 24,61 | 0,192 | 0,0517 | 0,7421 |
| Perímetro do tórax (cm) | 63,78 | 62,55 | 61,50 | 60,50 | 0,542 | 0,0042 | 0,8867 |
| ICP (cm/cm) ¹ | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,47 | 0,006 | 0,4283 | 0,4782 |
| ICC (kg/cm) ² | 0,18 | 0,17 | 0,17 | 0,16 | 0,004 | 0,0074 | 0,8484 |

325 *EPM* Erro padrão da média, *L* Efeito linear, *Q* Efeito quadrático.

326 ¹ICP Índice de compacidade da perna.

327 ²ICC Índice da compacidade da carcaça.

328

329

330 Os cortes paleta, costela, serrote e perna apresentaram comportamento linear
 331 decrescente ($P < 0,05$) com a inclusão da GB na dieta dos caprinos. Já o rendimento de
 332 paleta aumentou linearmente (Tabela 5).

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347 **Tabela 5.** Peso e rendimento dos cortes comerciais da carcaça de caprinos alimentados
 348 com dietas contendo níveis crescentes de glicerina bruta

| Itens | Glicerina bruta, % | | | | EPM | <i>P - valor</i> | |
|--------------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------|
| | 0 | 6 | 12 | 18 | | L | Q |
| Cortes comerciais (kg) | | | | | | | |
| Paleta | 1,08 | 0,99 | 1,00 | 0,95 | 0,030 | 0,0244 | 0,5804 |
| Pescoço | 0,42 | 0,40 | 0,39 | 0,37 | 0,013 | 0,0684 | 0,9805 |
| Costela | 0,99 | 0,92 | 0,89 | 0,83 | 0,036 | 0,0295 | 0,9924 |
| Serrote | 0,77 | 0,64 | 0,63 | 0,60 | 0,025 | 0,0030 | 0,1662 |
| Lombo | 0,40 | 0,36 | 0,38 | 0,35 | 0,011 | 0,1529 | 0,7310 |
| Perna | 1,91 | 1,74 | 1,77 | 1,62 | 0,051 | 0,0094 | 0,8952 |
| Rendimentos de cortes comerciais (%) | | | | | | | |
| Paleta | 19,36 | 19,65 | 19,76 | 20,11 | 0,128 | 0,0455 | 0,9179 |
| Pescoço | 7,57 | 7,98 | 7,76 | 7,72 | 0,192 | 0,8952 | 0,5802 |
| Costela | 17,55 | 18,23 | 17,49 | 17,42 | 0,261 | 0,6217 | 0,4667 |
| Serrote | 13,94 | 12,46 | 12,39 | 12,81 | 0,245 | 0,1076 | 0,0534 |
| Lombo | 7,34 | 7,14 | 7,57 | 7,51 | 0,140 | 0,4337 | 0,7880 |
| Perna | 34,24 | 34,54 | 35,03 | 34,44 | 0,205 | 0,5573 | 0,2918 |

349 *EPM* Erro padrão da média, *L* Efeito linear, *Q* Efeito quadrático.

350

351 Com relação à composição tecidual da perna observou-se que os pesos da perna
 352 reconstituída, do músculo e do osso decresceram linearmente ($P < 0,05$) com o aumento
 353 dos níveis de GB na dieta. As relações músculo/osso e músculo/gordura, bem como o
 354 IMP não foram influenciados pelo aumento dos níveis de GB (Tabela 6).

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366 **Tabela 6.** Composição tecidual da perna de caprinos alimentados com dietas contendo
 367 níveis crescentes de glicerina bruta

| Itens | Glicerina bruta, % | | | | EPM | <i>P</i> - valor | |
|-------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------|
| | 0 | 6 | 12 | 18 | | L | Q |
| Perna reconstituída, kg | 1,82 | 1,67 | 1,70 | 1,56 | 0,048 | 0,0159 | 0,9817 |
| Músculo (kg) | 1,20 | 1,08 | 1,12 | 1,04 | 0,033 | 0,0200 | 0,6070 |
| Osso (kg) | 0,38 | 0,37 | 0,36 | 0,33 | 0,010 | 0,0174 | 0,6407 |
| Gordura (kg) | 0,16 | 0,15 | 0,16 | 0,13 | 0,008 | 0,3515 | 0,5010 |
| Outros tecidos (kg) | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,003 | 0,1807 | 0,4625 |
| Músculo (%) | 66,37 | 64,57 | 65,59 | 66,33 | 0,365 | 0,7750 | 0,0855 |
| Osso (%) | 21,27 | 22,13 | 21,30 | 21,27 | 0,283 | 0,7385 | 0,4403 |
| Gordura (%) | 8,50 | 9,05 | 9,04 | 8,57 | 0,314 | 0,9439 | 0,4449 |
| Outros tecidos (%) | 5,85 | 5,80 | 5,47 | 4,85 | 0,249 | 0,1225 | 0,5541 |
| Músculo/osso | 3,13 | 2,94 | 3,10 | 3,16 | 0,051 | 0,5540 | 0,2177 |
| Músculo/gordura | 8,52 | 7,31 | 8,02 | 8,17 | 0,383 | 0,9214 | 0,3959 |
| IMP ¹ | 0,33 | 0,33 | 0,34 | 0,34 | 0,004 | 0,4518 | 0,8394 |

368 *EPM* Erro padrão da média, *L* Efeito linear, *Q* Efeito quadrático.

369 ¹IMP Índice de musculosidade da perna.

370

371

372 A inclusão de GB não afetou os parâmetros físico-químicos da carne ($P > 0,05$),
 373 como a cor (**L***, **a*** e **b***), capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por
 374 cocção (PPC), força de cisalhamento (FC) e pH, com médias de $35,17 \pm 2,10$; $12,97 \pm$
 375 $1,46$; $6,78 \pm 0,96$; $29,68 \pm 3,73$; $26,78 \pm 10,72$; $21,43 \pm 1,05$ e $5,80 \pm 0,10$,
 376 respectivamente. A umidade, matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE) da carne foram
 377 influenciados pela inclusão da GB na dieta ($P < 0,05$). A proteína da carne não foi afetada
 378 ($P > 0,05$) pelo aumento dos níveis de GB, com média de $19,84 \pm 0,67$ (Tabela 7).

379

380

381

382

383

384

385

386 **Tabela 7.** Parâmetros físico-químicos da carne de caprinos alimentados com dietas
 387 contendo níveis crescentes de glicerina bruta

| Itens | Glicerina bruta, % | | | | EPM | <i>P</i> - valor | |
|----------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------|
| | 0 | 6 | 12 | 18 | | L | Q |
| L* | 35,39 | 34,92 | 35,01 | 35,35 | 0,331 | 0,9892 | 0,5603 |
| a* | 13,31 | 13,48 | 12,13 | 12,96 | 0,230 | 0,2439 | 0,4672 |
| b* | 6,78 | 6,62 | 6,98 | 6,75 | 0,152 | 0,8501 | 0,9128 |
| CRA, % | 29,91 | 29,44 | 29,70 | 29,65 | 0,589 | 0,9142 | 0,8494 |
| PPC, % | 26,33 | 30,55 | 22,17 | 28,07 | 1,695 | 0,8298 | 0,7985 |
| FC, Newton/cm ² | 21,67 | 22,75 | 20,30 | 20,98 | 0,165 | 0,2742 | 0,8413 |
| pH | 5,77 | 5,85 | 5,78 | 5,79 | 0,017 | 0,9511 | 0,2226 |
| Umidade | 75,69 | 76,03 | 75,79 | 76,68 | 0,136 | 0,0208 | 0,2838 |
| MM | 1,70 | 1,81 | 1,52 | 1,37 | 0,062 | 0,0190 | 0,2518 |
| PB | 19,93 | 19,99 | 19,77 | 19,68 | 0,106 | 0,3161 | 0,7343 |
| EE | 2,12 | 1,94 | 2,05 | 1,36 | 0,104 | 0,0186 | 0,1984 |

388 *EPM* Erro padrão da média, *L* Efeito linear, *Q* Efeito quadrático.

389 ¹L* = luminosidade; a* = intensidade de vermelho; b* = intensidade de amarelo; CRA = capacidade de
 390 retenção de água; PPC = perda de peso por cocção; FC = força de cisalhamento; pH = potencial
 391 hidrogeniônico.

392

393 Os custos com ração/animal e o total/animal variaram de R\$ 74,88 a R\$ 42,66, e
 394 R\$ 212,78 a R\$ 180,56, respectivamente, sendo os menores valores para a ração com 18%
 395 de GB. O nível de 18% de GB apresentou maiores lucro bruto (R\$ 11,24) e taxa de retorno
 396 do confinamento (6,22%) (Tabela 8).

397

398 **Tabela 8.** Análise econômica do uso de glicerina bruta na alimentação de caprinos em
 399 confinamento

| Itens | Glicerina bruta (% MS) | | | |
|-------------------------|------------------------|--------|--------|--------|
| | 0 | 6 | 12 | 18 |
| R\$/Aquisição do animal | 137,90 | 137,90 | 137,90 | 137,90 |
| R\$/Kg da MS | 1,66 | 1,62 | 1,58 | 1,54 |
| R\$ Ração/animal | 74,88 | 62,41 | 52,32 | 42,66 |
| R\$ Total/animal | 212,78 | 200,31 | 190,22 | 180,56 |
| R\$/kg da carcaça | 19,12 | 19,70 | 19,00 | 18,83 |
| R\$ Receita bruta | 222,60 | 203,40 | 200,20 | 191,80 |
| R\$ Lucro bruto | 9,82 | 3,09 | 9,98 | 11,24 |
| Taxa de retorno (%) | 4,62 | 1,55 | 5,25 | 6,22 |

400

401

402 **DISCUSSÃO**

403 A redução nos consumos de MS, PB e NDT pode ter ocorrido em virtude do teor
404 de ácidos graxos totais presentes na GB (45,57%). Os ruminantes são relativamente
405 intolerantes a altos níveis de gordura na dieta e a ingestão de alimentos tende a reduzir,
406 quando os níveis de lipídios excedem 6% na dieta (PALMQUIST; JANKINS, 1980).

407 Os caprinos alimentados com maiores concentrações de GB apresentaram peso
408 corporal ao abate semelhante aos do tratamento sem GB; todavia, apresentaram carcaças
409 mais leves. Diante dos resultados obtidos é possível inferir que a GB foi provavelmente
410 o fator de maior influência na variação dos pesos e rendimentos de carcaça, já que os
411 maiores pesos do CTGI foram observados nos animais que receberam níveis mais
412 elevados de GB. Os animais avaliados na presente pesquisa apresentaram rendimentos de
413 carcaça dentro da variação (40% a 50%) descrita por Silva Sobrinho (2001), para raças
414 especializadas para produção de carne.

415 As perdas de peso por resfriamento (PPR) apresentaram-se bastante elevadas
416 (5,79%). Perdas na ordem de 3,2% foram relatadas por Lage et al. (2014a), para ovinos
417 Santa Inês, que também não observaram efeito da GB. Estas perdas são influenciadas pela
418 velocidade do ar na refrigeração e, principalmente, pela espessura de gordura subcutânea
419 (EGS) da carcaça (LAGE et al., 2014a).

420 A EGS média dos animais do presente trabalho foi de 0,51mm. De acordo com
421 Cezar e Sousa (2007), o tecido adiposo subcutâneo na espécie caprina é pouco
422 desenvolvido ou escasso, sendo quase todo ele depositado nas cavidades corporais, o que
423 justifica os resultados elevados da PPR.

424 A avaliação da área de olho de lombo (AOL) é uma medida confiável para predizer
425 o desenvolvimento muscular das carcaças. Na presente pesquisa, a AOL diminuiu
426 linearmente, o que é coerente com a diminuição dos pesos e rendimentos de carcaça, uma
427 vez que o referido parâmetro está altamente correlacionado com o total de músculos da
428 carcaça.

429 O pH muscular pós-abate em animais não estressados normalmente decresce para
430 5,5 a 5,8 após o resfriamento (DELLA MALVA et al., 2016). O pH final da carne dos
431 caprinos variou de 5,51 a 5,76, valores considerados dentro dos limites da normalidade.

432 É comum que o peso do fígado e de outros órgãos primários no metabolismo, como
433 coração e pulmão, acompanhem o comportamento dos níveis energéticos da dieta
434 (MEDEIROS et al., 2008; FONTENELE et al., 2010). Contrariamente, Santos (2007), ao

435 trabalhar com ovinos, observou que os pesos do coração e aparelho respiratório não foram
436 influenciados pela inclusão de grãos e subprodutos de canola; atribuiu que esses órgãos
437 mantêm sua integridade por terem prioridades na utilização de nutrientes,
438 independentemente da alimentação, como também apresentam desenvolvimento precoce,
439 o que está de acordo com Ferreira et al. (2000).

440 A modificação no tamanho e peso dos órgãos pode ocorrer para que o organismo
441 consiga atender a elevada demanda do metabolismo dos nutrientes (CAMILO et al.,
442 2012). Assim, como os consumos de MS e NDT reduziram, pode-se inferir que este fato
443 pode ter contribuído para a redução do peso do pulmão.

444 De acordo com Jenkins (1993), vários fatores podem influenciar o peso dos órgãos
445 e vísceras do animal, como, por exemplo, mudanças na alimentação, o que altera a
446 ingestão e digestibilidade dos alimentos. Assim, o efeito expansivo do CTGI (Tabela 2)
447 pode ter contribuído para o aumento dos pesos do rúmen e retículo quando níveis mais
448 altos de GB foram incluídos na dieta dos caprinos.

449 A GB utilizada no presente trabalho continha altos teores de ácidos graxos totais
450 (45,57%), conseqüentemente, foi observada elevação do consumo de EE. Desse modo,
451 esperava-se que houvesse aumento nos depósitos adiposos viscerais; no entanto, este fato
452 não foi confirmado, tendo em vista que ocorreu redução do consumo de NDT, o que
453 justifica a resposta observada para os depósitos de gordura.

454 Carvalho et al. (2015), ao trabalharem com cordeiros em confinamento alimentados
455 com 0; 7,5; 15; 22,5 e 30% de GB, também não encontraram influência para as gorduras
456 omental, mesentérica e perirrenal e órgãos, como coração, rins e pâncreas; no entanto, o
457 fígado foi influenciado.

458 A ausência de influência para alguns dos constituintes não carcaça pode estar
459 relacionada ao fato de que os animais foram abatidos com pesos semelhantes, uma vez
460 que o PCF e PCA não foram influenciados. De acordo com Frescura et al. (2005), animais
461 abatidos com pesos semelhantes apresentam equivalência nos pesos dos não-constituintes
462 da carcaça.

463 O perímetro do tórax reduziu com a inclusão da GB (Tabela 4). Este fato pode estar
464 relacionado à redução observada no peso do pulmão, em que foi possível verificar que o
465 órgão reduziu 20,83%, quando observadas as respostas referentes ao tratamento-controle
466 e o maior nível de GB.

467 O índice de compacidade da carcaça decresceu linearmente, o que indica redução
468 na deposição de tecido muscular por unidade de comprimento, principalmente na região

469 posterior, que concentra a maior quantidade de músculos da carcaça (CEZAR; SOUSA,
470 2007). Tais resultados corroboram com os pesos e rendimentos da carcaça, como também
471 com a AOL obtidos.

472 Foram verificados efeitos lineares decrescentes dos tratamentos para os pesos dos
473 cortes comerciais, exceto para pescoço e lombo (Tabela 5), provavelmente, devido ao fato
474 de que a maioria dos cortes cárneos está diretamente relacionada ao peso da carcaça e,
475 como pode ser observado na Tabela 2, os animais alimentados com dietas que contenham
476 maiores concentrações de GB apresentaram menores pesos de carcaça.

477 No que se refere à composição tecidual da perna, a inclusão da GB causou redução
478 para os pesos do músculo e osso (Tabela 6), o que corrobora com os resultados obtidos
479 para o peso da perna (Tabela 5).

480 A ausência de efeito da GB sobre os valores de L^* , a^* e b^* indica que a natureza
481 do alimento não influenciou na coloração da carne dos caprinos (Tabela 7). Quanto
482 maiores os valores de L^* , mais pálida é a carne; isto pode estar relacionado ao pH final,
483 à estrutura das fibras musculares e ao rigor mortis (ALBERTÍ et al., 2005). De acordo
484 com Khlijji et al. (2010), o limite aceitável para L^* em cordeiro é 34-35, valores
485 semelhantes aos encontrados neste estudo.

486 A intensidade da cor vermelha (a^*) está relacionada às formas de mioglobina
487 (deoxymioglobina e oxymioglobina), que podem ser influenciadas pelo grupo genético
488 ou dietas avaliadas, comportamento que não foi observado no presente trabalho. Uma vez
489 que o sistema de terminação utilizado foi o confinamento, é provável que tenha
490 contribuído para redução da síntese de mioglobina, por consequência da menor
491 oxigenação muscular; isto, por sua vez, promoveu uma cor de carne menos intensa, que
492 é normalmente rosada (URRUTIA et al., 2016).

493 A intensidade de amarelo (b^*) da carne pode estar relacionada à quantidade de
494 carotenoides presentes nas dietas. Segundo Leão et al. (2012), dietas com baixas
495 concentrações de carotenoides, como grãos, feno e silagem, levam a uma redução da cor
496 amarela da gordura da carne devido à diluição da cor da gordura. Como o feno utilizado
497 no presente estudo não tinha uma alta concentração de carotenoides e os ingredientes
498 eram os mesmos para todas as dietas, essa similaridade nos resultados era esperada.

499 Chanjula et al. (2015), ao avaliarem caprinos machos cruzados (Nativo da Tailândia
500 × Anglo Nubiana) alimentados com 0, 5, 10 e 20% de glicerina bruta (87,61% de glicerol)
501 também não encontraram efeito da GB sobre a cor da carne, com médias de 39,17 L^* ,

502 12,28 a* e 11,11 b*. Estes valores foram superiores aos observados no presente estudo,
503 exceto a intensidade de vermelho a*.

504 Não houve efeito da inclusão da GB sobre a capacidade de retenção de água (CRA),
505 parâmetro que traduz a habilidade da carne em reter água na presença de forças externas
506 e que, no momento da mastigação remete à maior ou menor suculência (OSÓRIO et al.,
507 2009). Valores satisfatórios de CRA estão relacionados a perdas por cocção, uma vez que
508 carnes com baixa habilidade em reter água apresentam rápida saída de suco durante o
509 cozimento (OSÓRIO et al., 2009), podendo apresentar perdas da ordem de 50%.

510 Assim, de acordo com os resultados para perdas por cocção, pode-se inferir que os
511 valores verificados para CRA podem ser considerados satisfatórios, caracterizando a
512 carne como pouco exudativa.

513 O pH da carne exerce extrema influência na CRA, sendo que o pH mais elevado
514 apresenta tendência a maior CRA (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005). Como no
515 presente estudo o pH da carne não foi influenciado (Tabela 7), a CRA e a PPC seguiram
516 o mesmo comportamento. Este fato pode ser explicado porque em ruminantes
517 alimentados com GB, 80% do glicerol são transformados no rúmen em ácidos graxos
518 voláteis (AGV) (MACH et al., 2009), com baixa absorção da molécula inalterada. Por
519 conseguinte, os parâmetros CRA e PPC na carne de ruminantes podem não ser alterados
520 pela alimentação com GB, uma vez que o glicerol aumenta a pressão osmótica celular,
521 incrementando o teor de água intracelular, o que elevaria a capacidade de retenção de
522 água, como é demonstrado no presente estudo. Adicionalmente, estudos demonstraram
523 que a alimentação com GB não interfere na PPC da carne de ovinos (GOMES et al., 2011;
524 LAGE et al., 2014a).

525 Cezar e Sousa (2007), avaliando a força de cisalhamento das carnes ovina e caprina,
526 utilizando o método de Warner-Bratzler, classificaram a textura da carne em macia (até
527 22,26 N/cm²), maciez mediana (entre 22,36 e 35,60 N/cm²) e dura (acima de 35,60
528 N/cm²). O valor médio de maciez da carne encontrado foi de 21,37 N/cm², o que permite
529 classificar a carne como macia. Chanjula et al. (2015) também não encontraram efeito da
530 GB sobre a força de cisalhamento da carne de caprinos, com média de 35,21 N/cm².

531 A composição química da carne pode ser influenciada pela manejo nutricional e
532 terminação dos animais (AHMED et al., 2015), conforme verificado no presente estudo
533 (Tabela 7). De acordo com Rocha et al. (2015), a composição química da carne de
534 caprinos alimentados com GB na dieta (0; 4; 8 e 12 %), apresentou valores médios de
535 72,6% de umidade; 22,8% de proteína; 3,5% de gordura e 1,1% de matéria mineral, com

536 possíveis variações, dependendo da idade, genótipo, sexo, castração e dieta dos animais
537 (TSHABALALA et al., 2003).

538 O teor de EE encontrado neste estudo variou entre 1,36 a 2,12%, o que, de acordo
539 com Bezerra et al. (2016), caracteriza a carne como magra, uma vez que possui menos do
540 que 5% de EE. O menor teor de EE encontrado na carne dos caprinos deste estudo é
541 provavelmente devido à sua idade, que também influencia seu teor de gordura porque,
542 como eles eram animais jovens, ainda estavam em crescimento. Assim, eles tinham
543 menos gordura em sua composição muscular, o que é desejável do ponto de vista do
544 nutricional.

545 A aquisição e a alimentação animal, normalmente, constituem os maiores custos de
546 produção, podendo chegar a mais de 80%. Por isso, é necessário atentar para o
547 custo/benefício da utilização da GB na dieta de caprinos terminados em confinamento.

548 O custo com aquisição dos animais não variou entre os tratamentos, tendo em vista
549 que o PCI foi semelhante para todos os animais (Tabela 8). Observou-se que a ração com
550 18% de GB apresentou um custo de R\$ 0,12 centavos (kg/MS) inferior à dieta sem GB.
551 Quando comparadas em tonelada, verifica-se uma diferença de R\$120,00; podendo
552 assim, recomendar a GB como uma alternativa viável para um grande volume de ração.

553 O custo/kg de carcaça foi cerca de 1,52% menor para o nível de 18% de GB, com
554 relação ao tratamento-controle. A receita bruta do confinamento foi maior para o
555 tratamento sem GB com R\$ 222,60/animal. Porém, o nível de 18% de GB promoveu
556 maiores lucro bruto (12,63%) e taxa de retorno do confinamento (25,72%), em
557 comparação à dieta com 0% de GB, reduzindo os custos da atividade em 15,14%. Lage
558 et al. (2010) observaram que a GB pode ser adicionada em até 6% da MS na dieta de
559 cordeiros em terminação, reduzindo os custos em 14%.

560

561 **CONCLUSÃO**

562 Glicerina bruta contendo 63,06% de glicerol pode substituir parcialmente o milho
563 e ser incluída em até 18% na matéria seca da dieta de caprinos confinados, especialmente
564 em regiões semiáridas, uma vez que variáveis indicativas de qualidade da carne não foram
565 influenciadas negativamente.

566

567

568 **REFERÊNCIAS**

- 569 AHMED, M. H. et al. Influence of *Trichoderma reesei* or *Saccharomyces cerevisiae* on
570 performance, ruminal fermentation, carcass characteristics and blood biochemistry of
571 lambs fed *Atriplex nummularia* and *Acacia saligna* mixture. **Livestock Science**, 180, 90-
572 97, 2015.
- 573
- 574 ALBERTÍ, P. et al. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del
575 producto (animal vivo, canal, carne, grasa) en los rumiantes. In: INIA (Ed.). **Medición**
576 **del color**. Madrid: INIA, p. 216-225, 2005.
- 577
- 578 AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the**
579 **Association of the Analytical Chemists**. Virginia, 17 ed., 2000.
- 580
- 581 BENEDETI, P. D. B. et al. Partial Replacement of Ground Corn with Glycerol in Beef
582 Cattle Diets: Intake, Digestibility, Performance, and Carcass Characteristics. **PLoS one**
583 11(1): e 0148224, 2016.
- 584
- 585 BENEDETI, P. D. B. et al. Effects of Partial Replacement of Corn with Glycerin on
586 Ruminal Fermentation in a Dual-Flow Continuous Culture System. **PLoS One** 10: e
587 0143201, 2015.
- 588
- 589 BEZERRA, L. S. et al. Meat quality of lambs fed diets with peanut cake. **Meat Science**,
590 121, 88-95, 2016.
- 591
- 592 BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa no 3, de 07 de janeiro de 2000.
593 Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais
594 de açougue. S.D.A./M.A.A. Diário Oficial da União, Brasília, p.14-16, 24 de janeiro de
595 2000, Seção I, 2000.
- 596
- 597 BROWN A.J.; WILLIAMS, D.R. Sheep carcass evaluation: measurement of composition
598 using a standardized butchery method. Langford, England: **Agricultural Research**
599 **Council; Meat Research Council**, 1979, 16 p.
- 600
- 601 CAMILO, D. A. et al. Peso e rendimento dos componentes não-carcaça de ovinos Morada
602 Nova alimentados com diferentes níveis de energia metabolizável. **Semina: Ciências**
603 **Agrárias**, Londrina, 33, 2429-2440, 2012.
- 604
- 605 CARVALHO, J.R.R. et al. Qualitative characteristics of meat from young bulls fed
606 different levels of crude glycerin. **Meat Science**, 96, 977–983, 2014.
- 607
- 608 CARVALHO, V.B. et al. Carcass characteristics and meat quality of lambs fed high
609 concentrations of crude glycerin in low-starch diets. **Meat Science**, 110, 285–292, 2015.
- 610
- 611 CEZAR, M. F., SOUSA, W. H. Carcaças ovinas e caprinas: obtenção, avaliação e
612 classificação. 1 ed. Uberaba-MG: **Editora Agropecuária Tropical**, 147, 2007.
- 613
- 614 CHANJULA, P., PAKDEECHANUAN, P., WATTANASIT, S. Effects of feeding crude
615 glycerin on feedlot performance and carcass characteristics in finishing goats. **Small**
616 **Ruminant Research**, 123, 95–102, 2015.

- 617
618 DELLA MALVA, A. et al. Relationship between slaughtering age, nutritional and
619 organoleptic properties of Altamurana lamb meat. **Small Ruminant Research**, 135, 39-
620 45, 2016.
- 621
622 DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous
623 carbohydrates in feeds and diets. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e**
624 **Zootecnia**, 62, 980-984, 2010.
- 625
626 DUCKETT, S. K. et al. Tenderness of normal and callipyge Lamb aged fresh or after
627 freezing. **Meat Science**, 49, 19-26, 1998.
- 628
629 FERREIRA, M. A. et al. Características das carcaças, biometria do trato gastrintestinal,
630 tamanho dos órgãos internos e conteúdo gastrintestinal de bovinos F1 Simental x Nelore
631 alimentados com dietas contendo vários níveis de concentrado. **Rev. Bras. Zootec.**, 29,
632 1174-1182, 2000.
- 633
634 FONTENELE, R. M. et al. Níveis de energia metabolizável em rações de ovinos Santa
635 Inês: peso dos órgãos internos e do trato digestório. **Semina: Ciências Agrárias**, 31,
636 1095-1104, 2010.
- 637
638 FRESCURA, R.B.M. et al. Avaliação das 680 proporções dos cortes da carcaça,
639 características da carne e avaliação dos 681 componentes do peso vivo de cordeiros.
640 **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34, 167-682, 2005.
- 641
642 GOMES, J.C., OLIVEIRA, G.F. **Análises físico-químicas de alimentos**. Viçosa, MG:
643 Ed. UFV, 2011.
- 644
645 GOMES, M.A.B. et al. Performance and carcass characteristics of lambs fed on diets
646 supplemented with glycerin from biodiesel production. **Brazilian Journal of Animal**
647 **Science**, Viçosa, 40, 2211-2219, 2011.
- 648
649 HUFF-LONERGAN E., LONERGAN, S. M. Mechanisms of water-holding capacity of
650 meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. **Meat Science**, 71:194-
651 204, 2005.
- 652
653 JENKINS, T. C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Champaign,
654 76, 3851-3863, 1993.
- 655
656 KHLIJI, S. et al. Relationship between consumer ranking of lamb colour and objective
657 measures of colour. **Meat Science**, 85, 224-229, 2010.
- 658
659 KREHBIEL, C. R. Ruminant and physiological metabolism of glycerin. **Journal of**
660 **Animal Science**. Champaign, 86, 392, 2008.
- 661
662 LAGE, J. F. et al. Carcass characteristics of feedlot lambs fed crude glycerin
663 contaminated with high concentrations of crude fat. **Meat Science**, 96, 108-113, 2014a.
- 664
665 LEÃO, A. G. et al. Physic-chemical and sensorial characteristics of meat from lambs
666 finished with diets containing sugar cane or corn silage and two levels of concentrate.
Revista Brasileira de Zootecnia, 41, 1253-1262, 2012.

- 667
668 MACH, N., BACH, A., DEVANT, M. Effects of crude glycerin supplementation on
669 performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. **Journal of**
670 **Animal Science**, 87(2), 632–638, 2009.
- 671
672 MEDEIROS, G. R. et al. Efeito dos níveis de concentrado sobre os componentes não-
673 carcaça de ovinos Morada Nova em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 37,
674 1063-1071, 2008.
- 675
676 NRC. Nutrient Requirements of Small Ruminants, 7th ed. **Natl. Acad. Press**,
677 Washington, DC, 2007, 408p.
- 678
679 OSÓRIO, J.C.S., OSÓRIO, M.T.M., SAÑUDO, C. Características sensoriais da carne
680 ovina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38, 292-300, 2009.
- 681
682 PALMQUIST, D.L., JENKINS, T.C. Fat in lactation rations: review. **J. Dairy Sci.**, 63,
683 1-14, 1980.
- 684
685 PURCHAS, R.W., DAVIES, A.S., ABDULLAH, A.Y. An objective measure of
686 muscularity: changes with animal growth and differences between genetic lines of
687 Southdown sheep. **Meat Science**, 30, 81-94, 1991.
- 688
689 ROCHA, K. S. et al. Fatty acid profile, chemical composition, and sensory effects of
690 crude glycerin on the longissimus dorsi of crossbred Boer goat kids. **Revista Brasileira**
691 **de Zootecnia**, 44, 263-268, 2015.
- 692
693 ROMANZINI, E.P. et al. Feedlot of lambs fed biodiesel co-products: performance,
694 commercial cuts and economic evaluation. **Trop Anim Health Prod**, 49, 2017. Doi:
695 10.1007/s11250-017-1416-3.
- 696
697 SAS. Institute Inc. **Statistical Analysis System Introductory Guide for Personal**
698 **Computers**. Release. Cary, (NC: Sas Institute Inc.), 2001.
- 699
700 SILVA SOBRINHO, A. G. Criação de ovinos. Jaboticabal: Funep, 2001, 302p.
- 701
702 SIERRA, I. Aportaciones al estudio del cruce Blanco Belga x Landrace: caracteres
703 productivos, calidad de la canal y calidad de la carne. **Revista del Instituto de Economía**
704 **y Producciones Ganaderas del Ebro**, v.16, p. 43, 1973.
- 705
706 TSHABALALA, P.A. et al. Meat quality of designated South African indigenous goat
707 and sheep breeds. **Meat Science**, 65, 563-570, 2003.
- 708
709 URRUTIA, O. et al. Effects of Addition of Linseed and Marine Algae to the Diet on
710 Adipose Tissue Development, Fatty Acid Profile, Lipogenic Gene Expression, and Meat
711 Quality in Lambs. **PloS one**, 11, 1-23, 2016.
- 712
713 VAN CLEEF, E.H.C.B. et al. Crude glycerin in diets for feedlot Nellore cattle. **Revista**
714 **Brasileira de Zootecnia**. 43(2):86–91, 2014.
- 715

716 VERSEMANN, B.A., WIEGAND, B. R., KERLEY, M. S. Dietary inclusion of crude
717 glycerol changes beef steer growth performance and intramuscular fat deposition. In A.
718 S. o. A. Science (Ed.), Annual Meeting of the American Society of Animal Science.
719 **Journal of Animal Science**, Vol. 86, 2008.

720

721 WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: Cornell Nutrition
722 Conference Feed Manufactures, 61. Ithaca. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University,
723 176-185, 1999.

724

725 WHEELER, T. T., CUNDIFF, L. V., KOCH, R. M. Effects of marbling degree on
726 palatability and caloric content of beef. Beef Research – Progress Report, v.71, n.4, p.133,
727 1995.

728

729

730

731

732

733

734

735

736

737

738

739

740

741

742

743

744

745

746

747

748

749

CONSIDERAÇÕES FINAIS

750

751

752 Os resultados deste trabalho mostram o potencial da glicerina bruta como fonte
753 alternativa de energia em relação ao milho na alimentação de caprinos, principalmente a
754 ser utilizada no período de escassez de alimentos, condição comum em regiões
755 semiáridas, em que se almejam, ao menos, obtenção de ganhos em peso moderados e
756 economicamente viáveis.

757 Todavia, como a glicerina utilizada continha alta quantidade de impurezas,
758 principalmente excesso de ácidos graxos, ocasionou impactos no consumo dos
759 componentes da dieta e características de carcaça. No entanto, a inclusão da glicerina
760 bruta na alimentação dos caprinos confinados em substituição ao milho pode ser uma
761 alternativa viável, podendo diminuir os custos de produção, sem causar distúrbios
762 metabólicos graves e prejuízos nas características qualitativas da carne.

763 Porém, há necessidade de novos estudos para determinar o melhor teor de inclusão
764 da glicerina bruta com baixo teor de glicerol na dieta de caprinos, sem que haja efeitos
765 deletérios sobre os animais e seus produtos.