



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

**GLICERINA BRUTA ORIUNDA DA PRODUÇÃO DO BIODIESEL NO
APROVEITAMENTO DE SILAGEM DE SORGO POR CAPRINOS MESTIÇOS
BOER EM TERMINAÇÃO**

HIGOR FÁBIO CARVALHO BEZERRA

**AREIA – PB
NOVEMBRO - 2016**



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

**GLICERINA BRUTA ORIUNDA DA PRODUÇÃO DO BIODIESEL NO
APROVEITAMENTO DE SILAGEM DE SORGO POR CAPRINOS MESTIÇOS
BOER EM TERMINAÇÃO**

HIGOR FÁBIO CARVALHO BEZERRA
Zootecnista

**AREIA – PB
NOVEMBRO - 2016**

HIGOR FÁBIO CARVALHO BEZERRA

**GLICERINA BRUTA ORIUNDA DA PRODUÇÃO DO
BIODIESEL NO APROVEITAMENTO DE SILAGEM DE SORGO
POR CAPRINOS MESTIÇOS BOER EM TERMINAÇÃO**

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

Área de concentração: Forragicultura e Pastagens

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Edson Mauro Santos – Orientador Principal

Prof. Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho

Prof.^a Dr.^a Juliana Silva de Oliveira

**AREIA - PB
NOVEMBRO - 2016**

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da

Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, campus II, Areia – PB.

B574g Bezerra, Higor Fábio Carvalho.

Glicerina bruta oriundo da produção do biodiesel no aproveitamento de silagem de sorgo por caprinos mestiços boer em terminação / Higor Fábio Carvalho Bezerra. - Areia: UFPB/CCA, 2016.
xvii, 99 f. ; il.

Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

Bibliografia.

Orientador: Edson Mauro Santos.

1. Alimentação de caprinos – Glicerina bruta 2. Caprinos Boer – Nutrição animal 3. Caprinos mestiços – Dieta I. Santos, Edson Mauro (Orientador) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 636.084:636.39(043.2)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA
UFPB – UFC - UFRPE

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE TESE

TÍTULO: “Glicerina bruta oriunda da produção do biodiesel no aproveitamento de silagem de sorgo por caprinos mestiços boer em terminação”

AUTOR: Higor Fábio Carvalho Bezerra

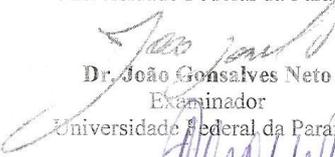
ORIENTADOR: Prof. Dr. Edson Mauro Santos

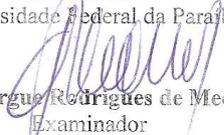
JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

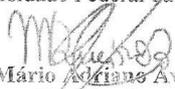
EXAMINADORES:


Prof. Dr. Edson Mauro Santos
Presidente
Universidade Federal da Paraíba


Dr. João Gonçalves Neto
Examinador
Universidade Federal da Paraíba


Dr. Geovergue Rodrigues de Medeiros
Examinador
Instituto Nacional de Semiárido


Prof. Divan Soares da Silva
Examinador
Universidade Federal da Paraíba


Prof. Dr. Mário Antônio Avila Queiroz
Examinador
Universidade Federal do Vale do São Francisco

Areia, 11 de novembro de 2016

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

HIGOR FÁBIO CARVALHO BEZERRA, nasceu em Juazeiro, Bahia, em 26 de outubro de 1986, filho de Lenildo José Bezerra e Joseneide Carvalho da Silva Bezerra. No ano de 2004, concluiu o ensino médio no Colégio Democrata Professora Florentina Alves dos Santos, na cidade de Juazeiro, Bahia. Em maio de 2005 ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba - CCA/UFPB, concluindo o curso em 30 de dezembro de 2011. Em março de 2012 iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal da Paraíba, na área de Forragicultura e Pastagens, concluindo em 09 de setembro de 2013. Em setembro de 2013 iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba, na área de Forragicultura e Pastagens, concluindo em 11 de novembro de 2016.

Em algum lugar, pra relaxar
Eu vou pedir pros anjos cantarem por mim
Pra quem tem fé
A vida nunca tem fim
Não tem fim
É

Se você não aceita o conselho, te respeito
Resolveu seguir, ir atrás, cara e coragem
Só que você sai em desvantagem se você não tem fé
Se você não tem fé

Te mostro um trecho, uma passagem de um livro antigo
Pra te provar e mostrar que a vida é linda
Dura, sofrida, carente em qualquer continente
Mas boa de se viver em qualquer lugar
É

Volte a brilhar, volte a brilhar
Um vinho, um pão e uma reza
Uma lua e um sol, sua vida, portas abertas

Podem até gritar,
Podem até barulho então fazer
Ninguém vai te escutar se não tem fé
Ninguém mais vai te ver

Em algum lugar, pra relaxar
Eu vou pedir pros anjos cantarem por mim
Pra quem tem fé, fé, fé
A vida nunca tem fim

Inclinar seu olhar sobre nós e cuidar
A fé na vitória tem que ser inabalável

(Autor: Marcelo Falcão)

A Deus primeiramente, por sempre estar me guiando e protegendo nessa longa caminhada da vida.

A minha amada mãe Joseneide Carvalho da Silva Bezerra por todo o amor, sacrifícios, compreensão, educação, exemplo de vida, dedicação, que teve de me ensinar como escolher o melhor caminho a ser seguido e principalmente quando minha mãe me cobrava bastante por parte dos estudos, o que me fez chegar até aqui.

Ao meu pai Lenildo José Bezerra por todo seu amor, sacrifício, compreensão e ensinamentos, principalmente através de seus atos e palavras nas horas certas, que mesmo quando não diz nada tem sempre algo a ensinar.

A minha esposa e amiga Meiry Rodrigues Cassuce, que faz a minha vida cada dia melhor, luz que clareia meus dias de penumbra, meus 95% de interceptação luminosa, Deus me fez pensado em você. Te amo

A minha filha Rebeca Rodrigue Cassuce Carvalho Bezerra, presente de Deus, anjo bendito que o Senhor colocou em minha vida, nunca imaginei que um pedacinho de mim seria mais importante que tudo, não imagino minha vida sem ti

Ao meu irmão Tercio Iuri Carvalho Bezerra por ser um grande amigo, companheiro e verdadeiro, mesmo muitas vezes sendo um grande cabeça dura, mais acima de tudo um grande irmão.

À minha irmã Crisia Caren Carvalho Bezerra por ser uma grande amiga, verdadeira e que amo muito. Além dos meus sobrinhos queridos Miguel Pietro e Ana Sophia, esses dois anjos que Deus colocou em nossas vidas, vocês tem lugar cativo em meu coração.

Aos meu Pais adotivos do EJC José Miguel e Maria do Socorro, que Deus colocou em minha vida como dois anjos, e que hoje amo como se fossem de meus pais de verdade.

Dedico...

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por se fazer presente em minha vida, por todas graças que ele me ajudou a alcançar, dando-me forças para lutar por meus objetivos, e por está ao meu lado mesmo nos momentos em que me deixei desviar-me até abrir meus olhos e guiar-me de volta ao foco.

A minha família por sempre está presente na minha vida me dando força...

Ao professor Edson Mauro Santos, por ser mais que um orientador e sim um exemplo de sabedoria, inteligência e profissionalismo. Pela oportunidade concedida num momento em que poucos acreditavam em meu potencial e acima de tudo pela amizade construída com muito respeito e sinceridade.

A professora Juliana Silva de Oliveira pela confiança em mim depositada, pela oportunidade concedida, amizade, incentivo, além da co-orientação e ajuda na realização deste trabalho, sempre disposta e me ajudar com um sorriso no rosto.

Ao professor Gleidson Giordano pela co-orientação e ajuda prestada à realização deste trabalho, pelo voto de confiança e oportunidade concedida para realizar este trabalho.

Ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia das Universidade Federal da Paraíba, Universidade Federal do Ceara e Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade de realização do Doutorado em Zootecnia.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores Severino Gonzaga Neto e Fernando Guilherme Perazzo Costa pela colaboração e apoio como Coordenadores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pelos ensinamentos.

A minha esposa Meiry Rodrigues Cassuce pela incomensurável ajuda na execução do experimento, motivação e incentivo nos momentos de dificuldade, além de tudo pela amizade, amor, carinho, confiança, compreensão e por sempre me apoiar nos momentos em que precisei.

A Mesias Dias que era bolsista de apoio técnico que também foi fundamental para execução do experimento.

Ao Professor Ossival Lolato Ribeiro, pela amizade, pela ajuda desde o início do experimento e que sempre se fez presente na fazenda durante a execução, sempre disposto a me auxiliar e tirar todas as dúvidas quando possível, um grande amigo que ganhei nessa caminhada.

Aos estagiários do IFbaiano de Catu, Marcia, Juliana, Raissa, Bel, Lane Gabriel e Johnny, pela ajuda que vocês deram na execução do experimento, sempre dispostos a ajudar sem hesitar.

Aos estagiários Lucival, Samuel, Isaac Machado, Isaac Novais, Luana, Geovanna, Evilén, Luiz Alberto pela ajuda que vocês deram na execução do experimento.

Aos funcionários da Fazenda Experimental da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, pertencente à Universidade Federal da Bahia, localizada no município de São Gonçalo dos Campos, pela ajuda e acolhida.

A todos os integrantes do GEF (Grupo de Estudos em Forragicultura), grupo que hoje eu considero mais que um grupo de estudos, mas sim um lugar onde fiz muitos amigos, mas em especial principalmente aos que ajudaram diretamente na realização: Alexandre Perazzo, Sansão Neto, Gildenia Pereira, Ricardo Martins, Ana Paula Maia, Danilo Marte, Yohana Rosaly.

Aos amigos de República que fiz, Diogo, Djalma e Joelson pela amizade, companheirismo e boa convivência mesmo com todas as diferenças.

Aos meus amigos Ricardo Martins, Ana Jaqueline, Rosa Pessoa, Candice Leon pela amizade desde a graduação até o Doutorado.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado !!!

SUMÁRIO

	Página
Lista de Tabelas	ix
Lista de Figuras	xi
Resumo Geral	xii
General Abstract	xiv
Considerações Iniciais	1
Introdução Geral	3
Principais processos de obtenção do glicerol a partir dos glicerídeos.....	3
Transesterificação.....	6
Transesterificação com catálise básica.....	6
Transesterificação com catálise enzimática.....	8
Transesterificação com catálise em condições supercríticas.....	10
Hidroesterificação.....	11
Uso do glicerol na alimentação animal.....	13
Glicerina bruta na alimentação de pequenos ruminantes.....	16
Consumo e digestibilidade de nutrientes de pequenos ruminantes.....	16
Desempenho produtivo de pequenos ruminantes.....	21
Desempenho bio-econômico de pequenos ruminantes.....	23
Qualidade da carne de pequenos ruminantes que consomem glicerídeos e gliceróis.....	25
Referências Bibliográficas.....	30

Capítulo I

Desempenho e parâmetros ruminais em caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta	36
Resumo	37
Abstract.....	38
Introdução.....	39
Material	e 40
Métodos.....	
Resultados	e 45
Discussão.....	
Conclusões.....	55
Referências Bibliográficas.....	56

Capítulo II

Características de carcaça e carne de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta	59
.....	
Resumo	60
Abstract.....	61
Introdução.....	62
Material e Métodos.....	63
Resultados	e 68
Discussão.....	
Conclusões.....	73
Referências Bibliográficas.....	74

Capítulo III

Perfil metabólico de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta	77
.....	
Resumo	78
Abstract.....	79
Introdução.....	80
Material e Métodos.....	81
Resultados e Discussão.....	84
Conclusões.....	91
Referências Bibliográficas.....	92
Considerações finais	e 94
implicações	
Apêndices	95

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

	Página
Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes nas dietas e bromatológica das dietas experimentais.....	40
Tabela 2. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimental.....	41
Tabela 3. Consumo diário de matéria seca e nutrientes das rações pelos caprinos mestiços Boer em terminação alimentados com dietas contendo glicerina bruta.....	46
Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade das frações nutricionais de caprinos mestiços Boer em terminação alimentados com dietas contendo glicerina bruta.....	48
Tabela 5. Médias do peso inicial (PI), peso final (PF), ganho de peso total (GT), ganho de peso médio diário (GMD), conversão alimentar (CA) e eficiência alimentar (EA) de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta.....	50
Tabela 6. Parâmetros de fermentação ruminal de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta.....	51

Capítulo II

Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes nas dietas e bromatológica das dietas experimentais.....	63
Tabela 2. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimental.....	64
Tabela 3. Escala de avaliação subjetiva da conformação e estado de engorduramento das carcaças.....	66
Tabela 4. Peso corporal ao abate (PCA), peso de corpo vazio (PCV), peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF), perdas por resfriamento (PPR), rendimento de carcaça quente (RCQ), rendimento de carcaça fria (RCF), rendimento verdadeiro (RV), trato gastrointestinal cheio (TGIC) e trato gastrointestinal vazio (TGIV) de caprinos mestiços Boer em terminação alimentados com dietas contendo glicerina bruta.....	68
Tabela 5. Média das mensurações das carcaças de caprinos mestiços Boer em terminação alimentados com dietas contendo glicerina bruta.....	70

Tabela 6. Área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de caprinos mestiços Boer em terminação alimentados com dietas contendo glicerina bruta.....	71
Tabela 7. Perdas por cocção, força de cisalhamento e parâmetros de cor do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta.....	72

Capítulo III

Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes nas dietas e bromatológica das dietas experimentais.....	82
Tabela 2. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimental.....	83
Tabela 3. Níveis séricos de ureia, proteínas totais (PT), albumina e creatinina de cabritos alimentados com dietas contendo glicerina bruta.....	85
Tabela 4. Perfil energético de cabritos alimentados com dietas contendo glicerina bruta.....	86
Tabela 5. Atividades enzimáticas da gama-glutamyltransferase (GGT), alanina-aminotransferase (ALT), aspartato-aminotransferase (AST) e isoenzima MB da creatina quinase (CK-MB) em cabritos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta.....	88
Tabela 6. Lesões histopatológicas do tecido hepático de caprinos Boer x SPRD alimentados com dietas contendo glicerina bruta.....	89
Tabela 7. Lesões histopatológicas dos rins de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta.....	91

LISTA DE FIGURAS

Introdução geral

Figura 1. Estrutura do glicerol.....	3
Figura 2. Principais setores industriais de utilização da glicerina.....	4
Figura 3. Rota industrial de produção de glicerina a partir do propeno.....	4
Figura 4. Produção de biodiesel e glicerol a partir da transesterificação de óleos vegetais por catalise básica.....	7
Figura 5. Processo convencional de produção de biodiesel etílico via catálise alcalina.....	8
Figura 6. Hidrólise catalisada por lipase 1,3-específica (Equação 1) e lipase não específica (Equação 2).....	9
Figura 7. Etapas do processo de hidroesterificação.....	11
Figura 8. Reação de hidrólise.....	12
Figura 9. Reação de esterificação.....	12
Figura 10. Evolução anual da produção, da demanda compulsória e da capacidade nominal autorizada pela ANP no Brasil.....	13
Figura 11. Conversão do glicerol a intermediários da glicólise.....	14

Capítulo I

Figura 1. pH ruminal de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta em função do tempo durante as horas do dia.....	53
Figura 2. Concentração de nitrogênio amoniacal e proteína microbiana no fluido ruminal de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta.....	54

Capítulo III

Figura 1. Fotomicrografias de fígado de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta demonstrando alterações topológicas.....	90
---	----

GLICERINA BRUTA ORIUNDA DA PRODUÇÃO DO BIODIESEL NO APROVEITAMENTO DE SILAGEM DE SORGO POR CAPRINOS MESTIÇOS BOER EM TERMINAÇÃO

RESUMO GERAL - Objetivou-se avaliar o efeito da glicerina bruta oriunda da produção do biodiesel sobre o consumo, digestibilidade, desempenho, parâmetros ruminais, as características quantitativas e qualitativas da carcaça e da carne, perfis proteico, energético e enzimático do metabolismo hepático, do perfil urinário e da avaliação histopatológica do tecidos hepático e renal de caprinos mestiços Boer em terminação. Utilizou-se trinta e dois cabritos mestiços Boer x SPRD, castrados, com peso inicial de $17,8 \pm 2,2$ kg, entre três e quatro meses de idade, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos e oito repetições. O experimento teve duração de 69 dias, e os cabritos foram alimentados com silagem de sorgo e concentrado, e a inclusão da glicerina bruta nos níveis de 0,0; 5,0; 10,0 e 15,0% na dieta na matéria seca. A inclusão da glicerina bruta diminuiu linearmente ($P < 0,05$) o consumo de matéria seca e dos demais nutrientes, a digestibilidade do extrato etéreo, o peso final dos animais, o ganho de peso total e ganho de peso médio diário. Para o coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro houve efeito quadrático ($P < 0,05$), estimando-se o nível de 4,78% de glicerina bruta para a digestibilidade máxima de 60,54%. A adição dos níveis de glicerina bruta aumentou linearmente ($P < 0,05$) o pH ruminal, com variação de 6,27 a 6,49, para as dietas com 0 e 15% de glicerina bruta. A concentração média de nitrogênio amoniacal e proteína microbiana no rúmen apresentaram efeito linear decrescente com o aumento dos níveis de glicerina bruta na dieta ($P < 0,05$), a proteína microbiana apresentou as menores concentrações com a inclusão de 15% de glicerina bruta (322,18 mg/dL) e os maiores valores apresentadas no tratamento 0% (369,31 mg/dL). Houve efeito linear decrescente dos níveis de glicerina bruta sobre o peso de corpo vazio, peso de carcaça quente e peso de carcaça resfriada. Entretanto as características de perdas, rendimento e morfometria das carcaças e as características físicas da carne dos cabritos não apresentaram efeito significativo. Foi observada diferença para as variáveis área de olho de lombo e medida B, diminuindo as mesmas com o aumento da inclusão do glicerina bruta na dieta. A glicerina bruta não afetou ($P > 0,05$) o perfil metabólico e os tecidos renais. Já no tecido hepático dos caprinos alimentados com as dietas contendo os maiores níveis de inclusão

de glicerina bruta foram observados efeitos deletérios. A inclusão de glicerina bruta com cerca de 6,6% de metanol acarreta na redução do consumo, ganho, características relacionadas com o peso ao abate e efeitos deletérios no tecido hepático dos caprinos mestiços Boer à medida que é acrescida nas dietas. Entretanto não alteram a digestibilidade dos nutrientes, as características de conversão e eficiência alimentar, as mensurações da carcaça e qualidade da carne e não ocasionam efeitos deletérios no tecido renal e perfis séricos. Sendo aconselhável a utilização da glicerina bruta na dieta de caprinos com menor teor de metanol.

Palavras- chave: Alimento energético, Coproduto, glicerol, nutrição animal, pequenos ruminantes, semiárido

CRUDE GLYCERIN ARISING OUT OF BIODIESEL PRODUCTION IN FEEDING GOATS CROSSBRED BOER ON TERMINATION

ABSTRACT - This study aimed to evaluate the effect of crude glycerin from biodiesel production on intake, digestibility, ruminal parameters, quantitative and qualitative characteristics of carcass and beef, protein, energetic and enzymatic profiles of hepatic metabolism, urinary profile and histopathological evaluation of hepatic and renal tissues in crossbred Boer goats finishing. Thirty-two crossbred Boer goats kids (Boer x undefined breed), castrated, with average initial weight of 17.8 ± 2.2 kg, between three and four months old, were assigned in a completely randomized experimental design with four treatments (diets with inclusion levels of crude glycerin of 0, 5, 10 and 15% on fresh matter basis) and eight repetitions. The inclusion of crude glycerin linearly decreased ($P < 0.05$) the intakes of DM and all nutrients, ether extract digestibility, final weight, daily weight gain and total weight gain of animals. Neutral detergent fiber had a quadratic effect ($P < 0.05$), with maximum values estimated in 60.54% at the level of 4.78% of crude glycerin. Addition of crude glycerin levels linearly increased ($P < 0.05$) the ruminal pH, ranging from 6.27 to 6.49. Concentration of $\text{NH}_3\text{-N}$ and microbial protein in the rumen had a linear decrease ($P < 0.05$) by dietary crude protein levels. The lower concentration of microbial protein (322.18 mg/dL) was found with inclusion of 15% and higher concentration (369.31 mg/dL) in treatment without inclusion of crude glycerin. Empty body weight, hot and cold carcass weight linearly decreased ($P < 0.05$) by dietary crude glycerin levels. However, inclusion of crude glycerin did not affect the losses, yield and morphometric characteristics of carcass and physical characteristics of goat meat. There was a linearly decreased on loin eye area and measurement B with inclusion of crude glycerin in diets. Inclusion of crude glycerin associated with approximately 6.6% of methanol leads to a decrease on characteristics related with studied variables of crossbred Boer goats kids as it is increased in diets. However, did not affect carcass measurements and meat quality. Thus, it is suitable to use crude glycerin in goats' diet with lower methanol content. Crude glycerin did not affect ($P > 0.05$) metabolic profile and renal tissues. Hepatic tissue had deleterious effects with addition of crude glycerin.

Inclusion of crude glycerin associated with approximately 6.6% of methanol leads to a decrease on intake, gain, characteristics related to slaughter weight and deleterious

effect on hepatic tissue of crossbred Boer goats kids as it is increased in diets. However, did not affect nutrient digestibility, food conversion and feed efficiency, carcass measurements and meat quality and did not cause deleterious effects on renal tissue and serum profiles. Thus, it is suitable to use crude glycerin in goats' diet with lower methanol content.

Keywords: Energy food, co product, glycerol, animal nutrition, small ruminants, semiarid

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No Brasil, a produção de caprinos está voltada para a produção de carne e representa um importante segmento da economia pecuária. No entanto, a atividade depara-se com entraves produtivos, como os baixos índices zootécnicos gerados pela dificuldade de obtenção de alimentos adequados durante o período da seca. Uma estratégia que pode ser adotada para melhorar os índices produtivos da caprinocultura é a prática de terminação dos animais em confinamento. O confinamento de caprinos e ovinos na fase de terminação tem recebido crescente adoção visando intensificar a produção, melhorar a qualidade das carcaças e peles, reduzir o tempo para o abate, possibilitando maior rotatividade econômica e promover a manutenção da oferta de alimentos durante o período de escassez de forragens.

No entanto, com a utilização de confinamento exige maior investimento com alimentação por parte do produtor e sabe-se que o maior custo da caprinocultura assim como outras culturas é com a nutrição dos animais, tendo o milho papel importante no custos com alimentação, que, apesar de ter elevado valor energético, onera o custo da dieta, o que leva à necessidade de utilização de alimentos alternativos com menor custo.

Nesse contexto, os coprodutos agroindustriais surgem como alternativas viáveis. Considerando o incentivo governamental para a produção de biodiesel e que há grande potencial de produção deste combustível, deve-se atentar-se para destinação dos coprodutos gerados no processo de obtenção. Uma alternativa para destinação ecologicamente correta é aproveitar tais coprodutos na alimentação animal. O glicerol, resultante da produção de biodiesel, tem apresentando resultados satisfatórios na utilização na alimentação de bovinos e ovinos, e acredita-se encontrar respostas semelhantes quando utilizado nas dietas de caprinos. Porém, são necessários estudos aprofundados sobre os efeitos dessa inclusão, e principalmente da dosagem segura para consumo, sem afetar o animal de forma negativa.

Neste sentido o presente trabalho foi realizado com o objetivo de determinar o melhor nível de utilização da glicerina bruta na dieta de caprinos mestiços Boer em terminação, através da avaliação do consumo, digestibilidade, desempenho e parâmetros ruminais (Capítulo I), características de carcaça e qualidade da carne (Capítulo II),

perfis proteico, energético e enzimático do metabolismo hepático, perfil urinário e avaliação histopatológica do tecido hepático e renal (Capítulo III).

INTRODUÇÃO GERAL

Principais processos de obtenção do glicerol a partir dos glicerídeos

O 1,2,3-propanotriol (Figura 1) conhecido popularmente como glicerol, tri-álcool com 3 carbonos, é um líquido viscoso, incolor, inodoro e com gosto adocicado, pode ser encontrado em óleos vegetais na forma triglicerídeos ou como intermediário no metabolismo de organismos vivos, no entanto, é difícil encontrarmos o glicerol na sua forma livre. Pode ser derivado tanto das matérias-primas naturais ou petroquímica. O nome glicerol deriva da palavra grega glykys, doce. O glicerol bruto contém de 70 à 80% de pureza e muitas vezes é purificado antes da venda comercial, chegando a ter de 95,5 à 99% de pureza. É completamente solúvel em água e álcoois, é ligeiramente solúvel em muitos solventes comuns, tais como o éter e o dioxano, mas é insolúvel em hidrocarbonetos (Pagliaro & Rossi, 2008).

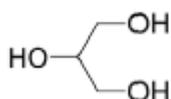


Figura 1. Estrutura do glicerol

O glicerol tem mais de 1500 usos finais conhecidos, incluindo aplicações como um ingrediente ou auxiliar tecnológico em produtos de higiene pessoal, cosméticos, formulações farmacêuticas e alimentação como pode ser observado na Figura 2. Além disso, o glicerol é altamente estável em condições normais de armazenamento, compatível com muitos outros materiais químicos, e não tem efeitos ambientais negativos conhecidos (Pagliaro & Rossi, 2008).

Usualmente o glicerol é obtido através do processo de fabricação do sabão, fermentação microbiana (geração de vinhos e bebidas), produção de ácidos graxos, podendo também ser obtido por meio do óxido de propileno no processamento dos derivados do petróleo (Green & Witticoff, 2003).

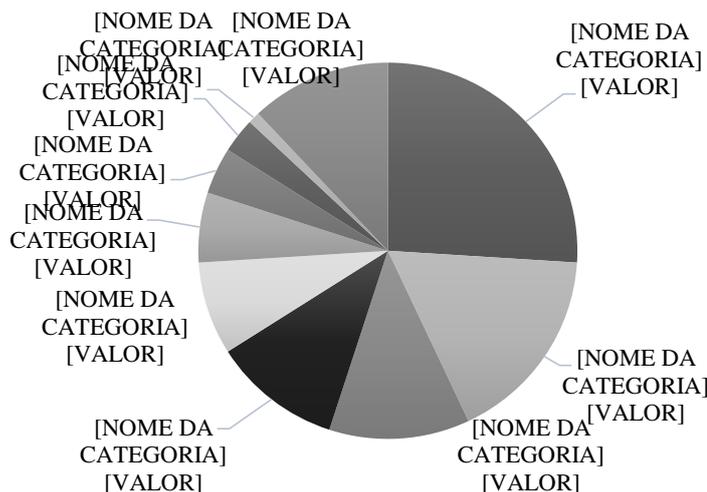


Figura 2. Principais setores industriais de utilização da glicerina. Fonte: Bondioli, 2003.

Desde 1949 que o glicerol é produzido comercialmente, através da síntese do propeno ou também conhecido como propileno (Figura 3), este oriundo de combustíveis fósseis. Esse processo tem início com a cloração a alta temperatura, envolvendo radicais livres como intermediários, para formar o cloreto de alila. O cloreto de alila então reagido com ácido hipocloroso resultando como produto a halodrina. Por fim, o tratamento da halodrina com excesso de base resulta no glicerol (Mota et al., 2009).

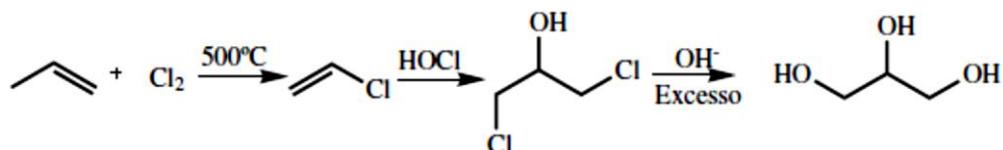


Figura 3. Rota industrial de produção de glicerina a partir do propeno

Entretanto, na segunda metade do século XX, com o aumento da demanda por fontes energéticas, o esgotamento das reservas de petróleo de fácil extração, juntamente com o desenvolvimento socioeconômico cada vez maior, principalmente nos países em desenvolvimento, além das mudanças climáticas causadas pelo aquecimento da atmosfera e a ampliação da conscientização ambiental da população, têm incentivado a utilização de insumos renováveis que possam substituir, ao menos parcialmente, os combustíveis de origem fóssil como petróleo, carvão e gás natural. O limite ao uso dos combustíveis fósseis não vai se dar somente pelo esgotamento das reservas, mas

também pela redução da capacidade ambiental do planeta de absorver os gases oriundos de sua combustão (Mota et al., 2009; Suarez et al., 2007).

O clima global vem sofrendo alterações drásticas, por causa das crescentes emissões de dióxido de carbono oriundas da queima de combustíveis fósseis. Se nada for feito para conter o aquecimento da atmosfera, até o fim do século XXI teremos mudanças significativas no nível dos mares, que irá afetar toda a vida no planeta. Uma das alternativas mais viáveis para minimizar este problema são os biocombustíveis. De origem vegetal, eles contribuem para o ciclo do carbono na atmosfera, sendo considerados renováveis, já que o CO₂ emitido durante a queima é reabsorvido pelas plantas que irão produzi-lo, causando um impacto muito menor no aquecimento da terra. O Brasil é um dos pioneiros no uso deste tipo de combustível já utilizando o álcool etílico, oriundo da fermentação da cana, desde a década de 1970 (Mota et al., 2009).

Neste intuito, o biodiesel a partir dos óleos e gorduras surgiu como uma alternativa viável em termos de combustíveis renováveis (Suarez & Meneghetti, 2007). Mota et al. (2009), explicam que do ponto de vista químico, o óleo vegetal usado na produção de biodiesel é um triglicerídeo, ou seja, um triéster derivado da glicerina. Sob ação de um catalisador básico e na presença de metanol ou etanol, o óleo sofre uma transesterificação formando três moléculas de ésteres metílicos ou etílicos dos ácidos graxos, que constituem o biodiesel em sua essência, e liberando uma molécula de glicerol ou glicerina.

Os óleos e gorduras são misturas compostas essencialmente por ésteres de ácidos graxos e glicerina, e são conhecidos por triacilgliceróis, usualmente chamados de triglicerídeos (Suarez et al., 2007). Esses são encontrados nos seres vivos e durante os processos de extração e armazenagem, os triglicerídeos são hidrolisados liberando os ácidos graxos e a glicerina (Suarez & Meneghetti, 2007).

A principal rota de obtenção do biodiesel é a partir da transesterificação de óleos vegetais com álcoois (metanol e etanol), usando catálise básica (Figura 4). Outros processos podem ser utilizados para produção do biodiesel tais como hidroesterificação, craqueamento térmico, transesterificação enzimática, transesterificação supercrítica, e esterificação de borras ácidas. Entretanto nem todos esses processos resultam na produção de glicerol como coproduto do processo. Dos processos possíveis de obtenção

do biodiesel, apenas a transesterificação com catalisa básica e enzimática e a hidroesterificação resultam em glicerol como um dos coprodutos.

Transesterificação

O termo transesterificação é usado para descrever uma reação química, catalisada, entre triglicerídeos e um álcool simples (metanol ou etanol), para formar ésteres de ácidos graxos com o álcool, tendo como produto final, além dos ésteres, o glicerol. O álcool é adicionado em excesso a fim de permitir a formação de uma fase separada de glicerol e deslocar o equilíbrio para um máximo rendimento de biodiesel, devido ao caráter reversível da reação. A reação pode ser catalisada por bases (NaOH, KOH, carbonatos ou alcóxidos), ácidos (HCl, H₂SO₄ e HSO₃-R) ou enzimas (lipases). Ela ocorre de maneira mais rápida na presença de um catalisador alcalino que na presença da mesma quantidade de catalisador ácido, observando-se maior rendimento e seletividade, além de apresentar menores problemas relacionados à corrosão dos equipamentos. Os catalisadores mais eficientes para esse propósito são KOH e NaOH. A catálise básica homogênea é a mais empregada comercialmente (Encarnação, 2007).

Transesterificação com catálise básica

A transesterificação catalisada por bases alcalinas é rápida, fornece altos rendimentos, comumente >99%) e o custo do catalisador é baixo (Gog et al., 2012). Os catalisadores básicos mais comuns são hidróxido de sódio ou de potássio, carbonatos e alcóxidos, metóxido e etóxido de sódio ou potássio (Abril, 2012). As etapas de uma transesterificação com catalisador alcalino é representada na Figura 4.

Segundo Dermibas (2008) o processo completo de transesterificação de óleos vegetais com metanol na presença de metóxido de sódio em temperatura ambiente dura em torno de 4 a 6 minutos. No entanto, o processo alcalino apresenta também uma série de desvantagens. Na transesterificação de gorduras e óleos vegetais para produzir biodiesel catalisada por bases a presença de ácidos graxos livres e de água sempre afeta negativamente a reação, pois estas espécies químicas causam a formação de espuma, dificultam a separação do glicerol, consomem o catalisador alcalino e reduzem a

eficiência do processo catalítico o que resulta em baixas conversões (Falcão, 2011; Meher et al., 2006). Por esses problemas, os substratos adequados ao processo reduzem-se aos óleos comestíveis refinados, elevando-se os custos com a matéria-prima, que podem chegar a 80% do custo total de produção de biodiesel (Leung et al., 2010). Para se obter uma alta velocidade de conversão, é necessário realizar o processo de 60 a 70 °C, aumentando-se os custos com energia.

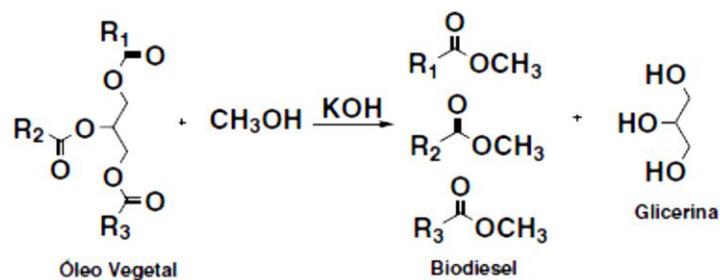


Figura 4. Produção de biodiesel e glicerol a partir da transesterificação de óleos vegetais por catalise básica.

O próprio álcool que é utilizado no processo de separação promove alterações na separação da glicerina. Por exemplo no biodiesel metílico a separação ocorre por decantação, facilitando o processo de purificação. Nessa transesterificação, como o metanol é adicionado em excesso, forma-se duas fases: uma rica em metanol e uma rica em biodiesel. Já a glicerina distribui-se entre as duas fases, prevalecendo na fase metanólica. Entretanto, quando se utiliza como álcool o etanol, a separação das fases dos produtos finais torna-se complicada.

O diagrama de blocos a seguir simplifica o processo de produção convencional de biodiesel com catálise alcalina (Figura 5). A transesterificação geralmente ocorre num reator multifásico e a corrente de saída contém uma fase líquida rica em glicerina e outra rica nos ésteres alquílicos (biodiesel). O excesso de álcool reagente é distribuído entre as duas fases líquidas. Os problemas associados com a formação de mistura líquida bifásica óleo-álcool e a separação do catalisador após a reação são responsáveis pela complexidade da rota convencional o que resulta em elevada demanda de energia e alto custo de produção (Falcão, 2011). A inclusão do esquema a seguir tem o objetivo de facilitar a comparação com as demais rota.

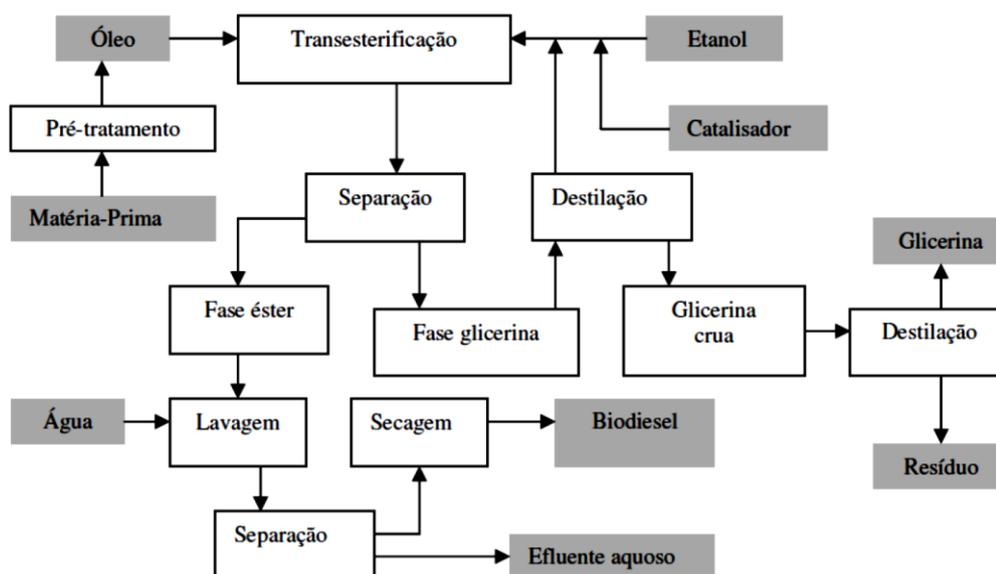


Figura 5. Processo convencional de produção de biodiesel etílico via catálise alcalina. Fonte: Falcão, 2011

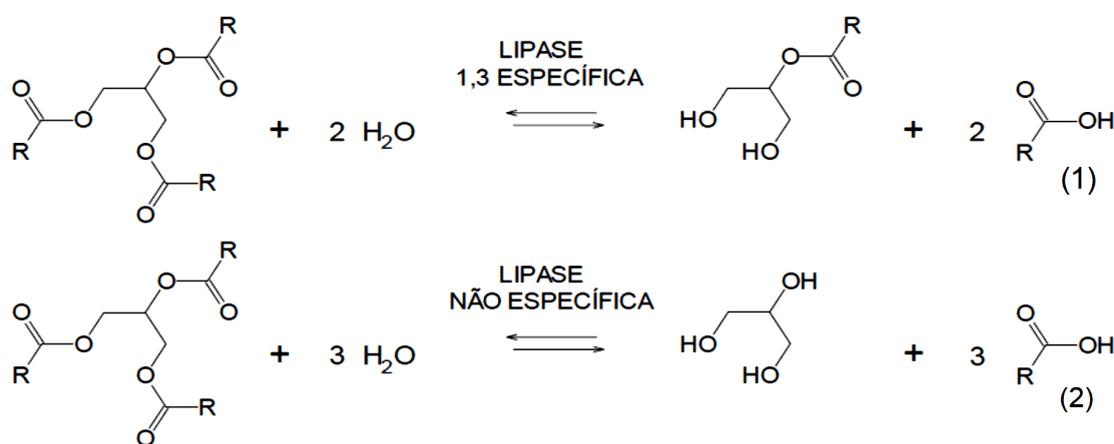
Segundo Falcão (2011), as duas fases líquidas que constituem a mistura pós-reação são separáveis por decantação e/ou centrifugação. A fase mais densa é composta de glicerina impregnada com etanol, água e impurezas oriundas da matéria-prima. A fase leve é constituída de uma mistura de ésteres etílicos, excessos de etanol e outras impurezas. O etanol é separado das fases leve e pesada via evaporação. A remoção da água do etanol é feita por meio de destilação. Os ésteres etílicos são lavados com água e submetidos às etapas de centrifugação e, posteriormente, desumidificação resultando num biodiesel especificado. A glicerina bruta, a fase pesada, é purificada através de destilação a vácuo. O efluente líquido aquoso gerado no processo deve ser tratado antes do descarte final.

Transesterificação com catálise enzimática

A transesterificação com catálise enzimática é um processo que gera menor quantidade de contaminantes, possui maior seletividade e reaproveitamento, causando menor impacto ambiental. No entanto, a enzima possui alto custo, se comparada com o catalisador químico, sendo a principal desvantagem do processo enzimático, tendo o atrativos da maior facilidade para recuperação do glicerol, que não requer etapas complexas (Gog et al., 2012).

O processo de transesterificação apresenta como vantagens quando comparado as demais reações por ocorre em temperatura ambiente e é insensível a altos teores de ácidos graxos livres no óleo, a separação de fases é mais simples devido à inexistência de emulsificação via sabões, há menos etapas no processo produtivo, a glicerina é recuperada com alta pureza (90-95%) e gera-se pequena quantidade de efluentes aquosos. Dentre as desvantagens apresentadas, destacam-se o alto preço da enzima, a baixa taxa de reação, que resulta em longas bateladas, e a desativação da enzima devido aos álcoois de cadeia curta e à glicerina (Falcão, 2011).

Neste processo com catalisador enzimático, utiliza-se enzimas específicas tecnicamente chamadas de triacilglicerol acil-hidrolases (EC 3.1.1.3), fazem parte da família das hidrolases que agem sobre ligações éster de ácidos carboxílicos. Possuem como função hidrolisar triacilgliceróis em diacilglicerídios, monoglicerídeos, ácidos graxos e glicerol (Houde et al., 2004). As lipases podem apresentar diferentes especificidades, pois de acordo com a origem da mesma a formação dos substratos pode ser diferente. A maioria das lipases apresentam regioespecificidade, sendo divididas em dois grupos: sn-1,3-específicas, que hidrolisam as ligações éster nas posições sn-1 e sn-3 do glicerol, e as não específicas ou aleatórias, que agem em todas as três posições (Stransky et al., 2007) como pode ser observado na figura 6.



onde R = Cadeia linear longa, saturada ou insaturada.

Figura 6. Hidrólise catalisada por lipase 1,3-específica (Equação 1) e lipase não específica (Equação 2).

Essa característica das enzimas torna-se uma vantagem com relação aos demais catalisadores químicos, permitindo a elaboração de produtos específicos e com menor número de etapas e de tempo.

Segundo Abril (2012), os fatores que influenciam no rendimento das reações, normalmente abordados são a quantidade de enzima adicionada, a relação molar entre o álcool e os triglicerídeos, a quantidade de água, temperatura e o emprego de solventes. Segundo o mesmo, outros parâmetros, vem sendo estudados como o tipo de álcool empregado, a adição do álcool em múltiplas etapas, os suportes empregados para imobilização, a inativação das enzimas e a estabilidade das preparações enzimáticas repetidas em bateladas.

Transesterificação com catálise em condições supercríticas

A transesterificação também pode ser realizada em condições supercríticas, em que o composto se comporta como fluido, apresentando características intermediárias entre a de um gás e de um líquido, processo que é conduzido em níveis de pressão e temperatura além dos valores críticos do agente de alcoólise (metanol ou etanol). As vantagens deste processo são a obtenção de elevados rendimentos sem a utilização de catalisador, tempo reduzido de reação e a maior simplicidade na purificação.

Segundo Kusdiana & Saka, (2004), o processo de transesterificação utilizando metanol supercrítico, envolve um processo muito simples na purificação dos produtos, sua reação apresenta menor tempo que os processos anteriores, mais vantajoso do ponto de vista ambiental e apresenta elevados rendimentos por promover à hidrólise e transesterificação simultânea dos triglicerídeos e esterificação de ácidos graxos livres presentes no óleo vegetal. Esse método requer temperaturas entre 250 e 350 °C e pressão variando de 35 a 60 MPa.

Marchetti & Errazu (2008) avaliaram diferentes processos para produção de biodiesel utilizando óleos vegetais com alto teor de ácidos graxos livres. Os autores relatam que o método supercrítico é uma alternativa do ponto de vista tecnológico, pois ocorre menor geração de efluentes, menor custo de purificação dos produtos e é relatada a alta qualidade da glicerina gerada como coproduto. Porém, do ponto de vista econômico, necessita de alto consumo de energia nas etapas do processo

Conforme a análise dos processos para produção de biodiesel utilizando catálise homogênea alcalina e o método supercrítico realizada por Glisic & Skala (2009), constatou-se que o consumo de energia é extremamente similar em ambos os processos, visto que na etapa de aquecimento do sistema reacional pelo método supercrítico ocorre um alto consumo de energia, que é compensado pela simples etapa de purificação dos produtos (ésteres e glicerol), requerendo baixo consumo de energia, etapa que acarreta altos custos ao processo realizado a baixa pressão.

Hidroesterificação

O processo de hidroesterificação permite o uso de qualquer matéria-prima graxa como por exemplo: gordura animal; óleo vegetal; óleo usado em fritura; borras ácidas de refino de óleos vegetais; entre outros, independente da acidez e da umidade que o material possua. Grande vantagem quando comparado ao processo convencional de transesterificação que gera, inevitavelmente, sabões afetando o rendimento dessas plantas e dificultando a separação biodiesel e do glicerol. A hidroesterificação é um processo que envolve uma etapa de hidrólise seguida de uma etapa de esterificação (Encarnação, 2007; Figura 7).

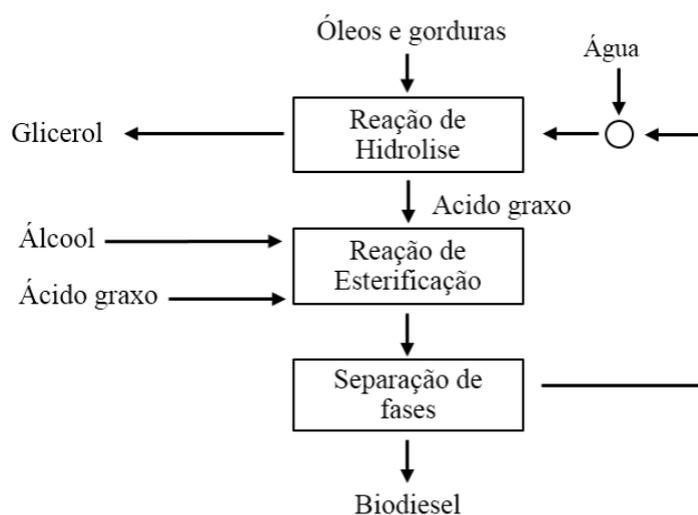


Figura 7. Etapas do processo de hidroesterificação.

A primeira fase da hidroesterificação é a hidrólise, etapa a qual é gera o glicerol e ácidos graxos, através da reação química entre a gordura ou o óleo com a água (Figura 8). Independente da acidez e da umidade da matéria-prima, o produto final da hidrólise

possui acidez superior a 99%. Deste modo, a hidrólise aumenta proposadamente a acidez da matéria-prima ao invés de diminuir a acidez através de um refino. Além disso, obtém-se um glicerol muito mais pura que a glicerol advinda da transesterificação. A partir da hidroesterificação matérias-primas de grau alimentício geram gliceróis de grau alimentício e isso jamais ocorre na transesterificação, onde um significativo teor de sais, álcoois e outras impurezas encontram-se sempre presentes no glicerol (Encarnação, 2007).

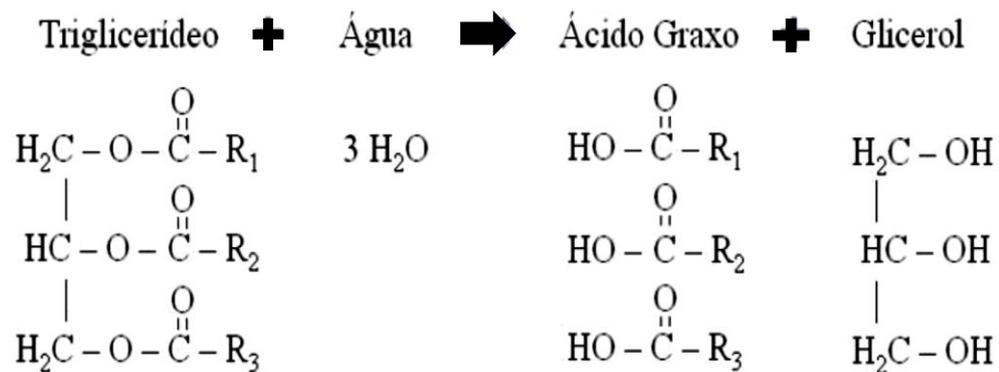


Figura 8. Reação de hidrólise.

Após a etapa da hidrólise a glicerina é removida e os ácidos graxos gerados são então esterificados com um álcool que neutraliza a acidez presente e assim gerando o biodiesel com elevada pureza, não havendo necessidade de etapas de lavagem, desta forma não há geração de efluentes e consumo de compostos químicos. Ao final da reação sobra a água como subproduto (Figura 10), que é reutilizada no processo de hidrólise (Encarnação, 2007). Entretanto esse processo de obtenção do biodiesel e consequentemente ainda não é muito utilizado por ser uma técnica nova, mais que torna-se muito promissora pela vantagens apresentadas.

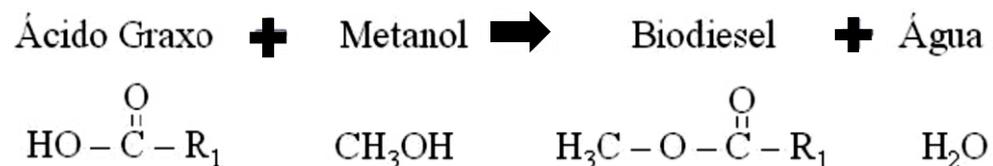


Figura 9. Reação de esterificação

Uso do glicerol na alimentação animal

O Brasil atualmente apresenta-se como um dos maiores produtores de biocombustíveis do mundo. Além da diversidade de culturas oleaginosas para a produção de biodiesel, o país dispõe de tecnologia de ponta e estrutura fabril com alta capacidade para desenvolver esta produção. Desde 1º de novembro de 2014, o óleo diesel comercializado em todo o Brasil contém 7% de biodiesel. Esta regra foi estabelecida pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que aumentou de 5% para 7% o percentual obrigatório de mistura de biodiesel ao óleo diesel. Segundo a Agência Nacional do Petróleo (2015), em 2014, a produção de biodiesel no Brasil foi de quase 3,5 bilhões de litros (Figura 10). Como coproduto foram gerados cerca de 350 milhões de litros de glicerina bruta.

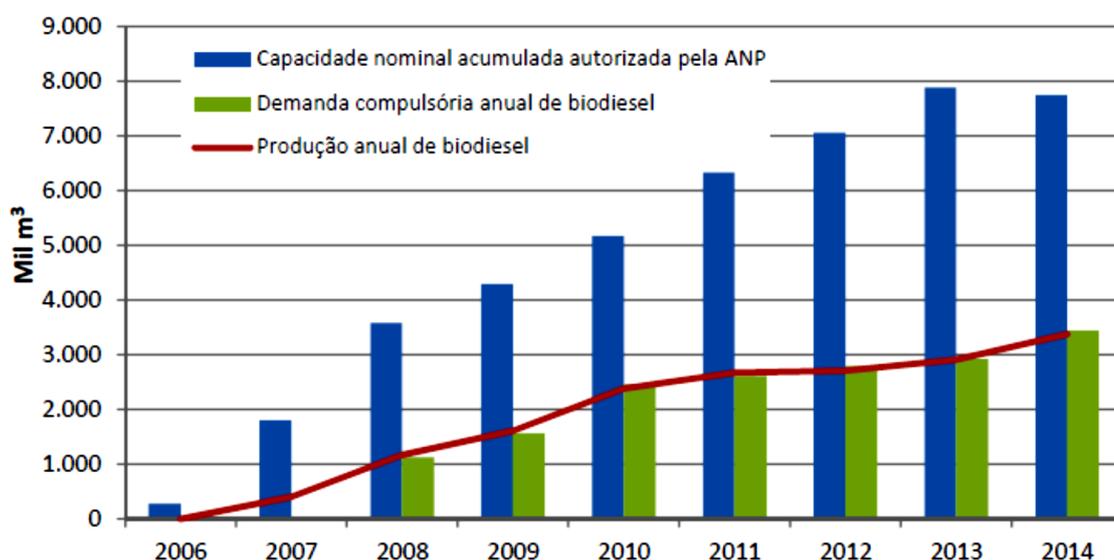


Figura 10. Evolução anual da produção, da demanda compulsória e da capacidade nominal autorizada pela ANP no Brasil.

Apesar de haver uma demanda perene de glicerol na sociedade moderna, as quantidades de glicerol ou glicerina bruta impostas pela produção de biodiesel não podem ser absorvidos, e a necessidade de converter o glicerol a produtos de maior valor agregado é um dos gargalos tecnológicos para a introdução de biodiesel ao diesel de petróleo (Umpierre & Machado, 2013). A utilização da glicerina bruta na formulação de rações para ruminantes e não ruminantes desperta grande interesse e vem sendo alvo de

pesquisas, por constituir em um produto rico em energia (4.320 kcal de energia bruta por kg para o glicerol puro) e com alta eficiência de utilização pelos animais. Do ponto de vista nutricional, a glicerina tem surgido como uma fonte alimentar energética alternativa e promissora na alimentação animal, podendo substituir em parte ou totalmente, os concentrados energéticos da ração, principalmente o milho (Carvalho et al., 2015; Fávoro, 2010). A legislação norte-americana atribui ao glicerol o status GRAS (geralmente reconhecido como seguro), quando usado como aditivo alimentar segundo as boas normas de fabricação e alimentação, inclusive na alimentação humana.

O glicerol é um componente do metabolismo normal dos animais, sendo encontrado na circulação e nas células. Ele é derivado de lipólise no tecido adiposo, hidrólise dos triglicerídeos das lipoproteínas do sangue e gordura dietética (Lin, 1977). Uma vez absorvido, no organismo animal o glicerol é metabolizado a glicerol-3- fosfato e aos intermediários da glicólise dihidroxiacetona fosfato e gliceraldeído-3-fosfato (Figura 11), essa metabolização do glicerol é realizada no fígado, rins ou músculo, porem o fígado é o maior responsável pela metabolização no organismo dos animais, contribuindo com cerca de $\frac{3}{4}$ do total da capacidade de metabolização. Os rins tem papel importante na utilização do glicerol, por ser o responsável pela reabsorção do mesmo, para que não seja eliminado pela urina e podendo ser totalmente retirado do sangue pelos rins se a concentração não for superior a 1mM (Lin, 1977).

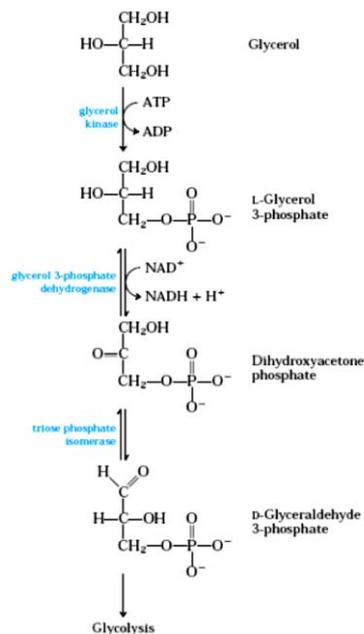


Figura 11. Conversão do glicerol a intermediários da glicólise. Fonte: Nelson & Cox, 2000

Desta forma, o destino metabólico do glicerol pode ser dirigido, dependendo do tecido e do estado nutricional do animal, para o fornecimento de esqueleto carbônico para a gliconeogênese, para a transferência de equivalentes redutores do citosol para a mitocôndria, com a geração de 22 ATP, ou como precursor da síntese de triglicerídeos, síntese de novo de ácidos graxos ou como constituinte da molécula do triacilglicerol.

Em ruminantes o glicerol, pode ser absorvido diretamente pelo epitélio ruminal, metabolizado no fígado e direcionado para a gliconeogênese pela ação da enzima glicerol quinase, que o converte em glicose, e a porção não absorvida é fermentada a propionato, e metabolizado a oxaloacetato, por meio do ciclo de Krebs no fígado, podendo também ser utilizado para formar glicose pela via gliconeogênica (Krehbiel, 2008). Sendo assim, a glicerina apresenta potencial aplicação como substrato gliconeogênico para ruminantes (Zawadski et al., 2010), o que é muito importante, já que a glicose não é absorvida diretamente por estes animais.

Silva et al. (2012) avaliaram o hemograma de bovinos de corte recebendo até 30% glicerina bruta na dieta, e notaram aumento do metabolismo hepático, devido à maior ação do metabolismo energético do animal, entretanto não observaram alterações dos parâmetros avaliados no hemograma de bovinos alimentados com diferentes doses de glicerina que indicassem prejuízos à saúde e desempenho dos animais. Desta forma podendo a mesma ser utilizada nas dietas de bovinos terminados em confinamento.

Abo El-Nor et al. (2010) avaliaram a inclusão do glicerol como alimento alternativo em substituição ao milho quanto aos parâmetros fermentativos e população bacteriana no líquido ruminal de vacas holandesas, e evidenciaram que o pH e as concentrações de N-NH₃ não foram influenciadas pela inclusão de glicerol, porém foi verificada a redução da presença de *Butirivibrio fibrisolvens* e *Selenomonas ruminantium* quando incluído quantidades acima de 72g/dia de glicerol. Fato que pode estar relacionado com a utilização do glicerol no rúmen, que pode favorecer bactérias que utilizam carboidratos não fibrosos como substratos, havendo proliferação mais rápida dessas espécies, inibindo o desenvolvimento de bactérias fibrolíticas desta forma a adesão ao conteúdo fibroso da dieta. Já Donkin et al., 2009 em estudos sobre os efeitos da inclusão do glicerol em substituição ao milho ou amido de milho, mostraram que a inclusão em até 15% de glicerol não produz efeitos adversos quanto à produção e

composição de leite de vacas leiteiras. Desta forma, não traz grandes alterações no rumem, principalmente em dietas com altos teores de concentrado, como é o caso de muitos sistemas de produção de leite, além disso, também não ocasiona efeitos negativos quanto a produção e composição do leite, tornando-se uma alternativa viável para alimentação na pecuária leiteira.

Para pequenos ruminantes várias pesquisas foram realizadas, no entanto com resultados controversos.

Glicerina bruta na alimentação de pequenos ruminantes

Em pequenos ruminantes diversos trabalhos avaliaram a utilização de glicerina na dieta e seus efeitos sobre o consumo, digestibilidade e desempenho, não observando efeitos negativos nos parâmetros avaliados (Gunn et al., 2010a; Gunn et al., 2010b; Lage et al., 2010; Gomes et al., 2011; Avila-Stagno et al., 2013; Chanjula et al., 2014; Oliveira, 2014; Lage et al., 2014; Santos et al., 2015; Barros et al., 2015; Chanjula et al., 2015; Rocha et al., 2015).

Consumo e digestibilidade de nutrientes de pequenos ruminantes

O consumo alimentar é determinado pelos fatores relacionados ao animal (peso, idade, sexo, categoria, produção e dominância no grupo), ao alimento (tamanho, aceitabilidade, teores de fibra, teores de umidade, densidade energética, presença de compostos antinutricionais) e suas condições de ingestão (disponibilidade, espaço no cocho, tempo e frequência de alimentação), bem como aos fatores ambientais (temperatura e fotoperíodo), que podem influenciar direta e/ou indiretamente o consumo dos alimentos pelo animal.

Com o objetivo de reduzir o custo de produção de animais confinados, sem prejudicar o consumo, a digestibilidade e o desempenho dos mesmos, o uso de alimentos alternativos que possam substituir parte do concentrado fornecido vêm sendo empregado. Entre os principais coprodutos agroindustriais, com potencial de uso na alimentação de ruminantes, destacam-se aqueles oriundos da produção de biodiesel,

como a glicerina bruta provinda do processo de conversão de triglicerídeos a ácidos graxos esterificados.

A glicerina, por ter natureza higroscópica, agrega alguns fatores favoráveis às rações, como a capacidade de aumentar a retenção de água, estimulando a ingestão de concentrado. Além disso, aumenta a aceitabilidade do alimento, por ter sabor adocicado e aroma suave (Elam et al., 2008).

Contudo, a glicerina bruta apresenta riscos ao consumo em virtude do seu elevado teor de metanol. Doppenberg & Van Der Aar (2007) alertaram que o teor de metanol, presente na glicerina bruta após o processamento, não deve ser superior a 0,5%, valor este que poderá ser evaporado a 65° C, durante a peletização do alimento, por exemplo. Lage et al. (2010) e Barros et al. (2015) obtiveram valores de 8,66 e 6%, respectivamente, de metanol na glicerina utilizada na dieta de ovinos, e observaram rejeição do alimento pelos animais e, conseqüentemente, redução no consumo de MS. Já em trabalhos realizados por Gunn et al. (2010a, 2010b); Kerr et al. (2007) e Schröder & Südekum (2007) com menos de 1% de metanol, não foram encontrados efeitos de rejeição da glicerina pelos animais. Assim, em níveis seguros, esse risco é descartado quando esse produto é fornecido aos ruminantes, já que o metanol também é produzido no rúmen de forma natural, como resultado da fermentação da pectina (Pol & Demeyer, 1988), podendo então ser convertido em metano no rúmen dos animais.

Outro fator que pode contribuir para a diminuição do CMS é a intolerância dos microrganismos ruminais a elevados níveis de material graxo. Os lipídios são potentes estimuladores da colecistoquinina e uma das hipóteses é que a colecistoquinina suprime o consumo de alimentos pela inibição do esvaziamento gástrico (Moran & Mchugh, 1982). O processo de biohidrogenação realizado pelos microrganismos do rúmen visa hidrolisar os ácidos graxos insaturados e promover a saturação com o hidrogênio. Estas reações ocorrem para autoproteção dos microrganismos, uma vez que os efeitos maléficis dos ácidos graxos saturados é menor do que o dos insaturados (Oliveira et al., 2009). Entretanto, mesmo com o processo de biohidrogenação, níveis elevados de lipídios podem reduzir o consumo e a digestibilidade, motivo pelo qual as concentrações de EE na MS da dieta de ruminantes não devem extrapolar valores acima de 5% (NRC, 1984).

Segundo Tyson et al. (2004), o sal e as impurezas nos óleos reciclados e os reagentes usados na transesterificação são os principais problemas da glicerina de biodiesel, pois podem limitar o consumo. Doppenberg e Van Der Aar (2007) observaram que o uso de hidróxido de sódio para catalisar a hidrólise pode se combinar com ácido clorídrico, aumentando o conteúdo de cloreto de sódio na glicerina, podendo ultrapassar 6% e, assim, restringir a quantidade de glicerina que poderia ser incluída na dieta. Estas informações foram confirmadas por Gunn et al. (2010a), ao avaliarem níveis crescente de glicerina na dieta de ovinos (0, 15, 30 e 45%). Estes pesquisadores observaram decréscimo no consumo de matéria seca e atribuíram este fato aos elevados teores de sal (Na - 5,38%) contidos na glicerina bruta.

A produção de propionato, é outro fator que afeta o consumo. Como já mencionado, a ingestão de glicerol possibilita a produção acentuada desse ácido graxo. Durante as refeições, o propionato é metabolizado no fígado dos ruminantes e então é utilizado para a produção de glicose, causando aumento na produção de ATP e estimulando a saciedade (Reynolds, 1995). Entretanto, Pellegrin et al. (2012) não relataram variação de consumo nos cordeiros lactentes ao avaliar dietas contendo 0, 10, 20 e 30% de glicerina bruta. O mesmo resultado foi descrito por Terré et al. (2011), utilizando 0 g/kg, 50 g/kg e 100 g/kg de GB na MS da dieta em substituição no concentrado e por Gunn et al. (2010b), testando inclusão de GB de 0, 5, 10, 15, e 20% de MS da dieta em substituição ao milho. Esses resultados são explicados por Krehbiel (2008), ao afirmar que os microrganismos do rúmen são capazes de se adaptarem a diferentes dietas, como a glicerina, sem promover mudanças desagradáveis no ambiente ruminal.

Para a determinação da qualidade do alimento, além do consumo, a digestibilidade é outro fator de igual importância, visto que as avaliações de digestibilidade possibilitam conhecer as proporções de nutrientes absorvíveis da dieta. A composição, processamento e origem da glicerina bruta pode causar tanto a diminuição quanto o aumento da digestibilidade de nutrientes. Alguns nutrientes da dieta, por exemplo, podem apresentar maior digestibilidade em virtude do rápido metabolismo do glicerol no rúmen, sendo que fatores como a qualidade dos demais ingredientes e a situação fisiológica dos animais também podem influenciar nesses resultados. Schröder & Südekum (2007) indicaram que a glicerina com diferentes graus

de pureza pode ser incluída em até 10% da matéria seca da dieta de ruminantes, sem afetar negativamente o consumo de alimentos e a digestibilidade dos componentes da dieta.

Os dados de Souza (2013) demonstram que dietas contendo 60g de GB por kg de MS da dieta fornecida a ovinos, não apresentaram diferença na digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, da proteína, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, carboidratos não fibrosos ou para nutrientes digestíveis totais, em comparação a dietas sem glicerina. O fato de não ter afetado a digestibilidade das duas frações, pode ser explicada pelo fato de a glicerina ter concentrações de extrato etéreo inferiores a 70 g/kg da matéria seca. Quando esse valor de extrato etéreo é superior em um alimento, a digestibilidade da FDNcp pode ser prejudicada, pois ocorre a inibição do desenvolvimento das bactérias ruminais, principalmente as celulíticas, e dos protozoários. Os lipídios também provocam uma proteção física da fibra, impedindo a adesão dos microrganismos, dificultando a digestão da fibra (Jenkins & McGuire, 2006).

Em razão de a glicerina ser um produto viscoso e adstringente, pode se esperar que haja uma diminuição na digestibilidade da fibra, por aderir à superfície dos alimentos, dificultando a ação dos microrganismos. Segundo Fávaro (2010), a inclusão de 5% de glicerina na dieta não minimizou a digestibilidade dos carboidratos não fibrosos ou da fibra. Porém quando fornecido níveis acima de 10%, houve significativa redução linear na digestibilidade dos mesmos nutrientes. Testando, “in vitro”, níveis de até 40% de glicerina, Krueger et al. (2010) concluíram que a adição desse coproduto, mesmo em níveis elevados, não afetou a digestibilidade da fibra. Já Abo El-Nor et al. (2010), analisando “in vitro” 0, 36, 72 e 108 g de glicerol/kg de matéria seca observaram diminuição na digestibilidade da FDN nos dois tratamentos com maior concentração de glicerina. Uma possível explicação para esses resultados pode ser a redução na concentração de bactérias da espécie *Butyrivibrio fibrisolvens* (fibrolítica), observado por Abughazaleh et al. (2011). Estes autores, ao testarem níveis de glicerina (0, 15, 30 e 45%) em substituição ao milho, verificaram redução do DNA destas bactérias quando maiores níveis de glicerol foram adicionados à dieta, reduzindo assim a digestibilidade da fibra.

Barros et al. (2015) ao avaliarem os efeitos dos níveis de glicerina bruta (GB) (0; 2,65; 5,33; 8,06 e 10,84% na base da matéria seca) sobre o consumo e a digestibilidade de ovinos confinados, relataram que os níveis de GB na dieta provocaram efeito linear decrescente ($P < 0,05$) sobre os consumos MS, PB, FDN e CNF e efeito linear crescente sobre o consumo de extrato etéreo ($P < 0,05$). Sobre a digestibilidade, relataram que os níveis de GB na dieta provocaram efeito linear decrescente ($P < 0,05$) sobre a MS e os CNFcp, efeito linear crescente ($P < 0,05$) sobre o EE, e que PB, FDNcp e NDT não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos níveis crescentes de glicerina bruta na dieta. Esse comportamento pode ser explicado devido ao aumento no teor de extrato etéreo na dieta (3,26, 4,58, 5,39 e 6,79%), quando se aumentou os níveis de glicerina bruta (2,65, 5,33, 8,06 e 10,84%), o que pode ter contribuído para o aumento da secreção de colecistoquinina no plasma. Portanto, considerando que a glicerina utilizada Barros et al. (2015) foi de baixa pureza (33,6% de AG e 6% de metanol), acredita-se que os níveis de glicerol, metanol e EE na dieta contribuíram de forma isolada ou em conjunto para influenciarem o consumo pelos animais, bem como a digestibilidade de nutrientes.

Farias et al. (2012) relataram que não encontraram efeito da inclusão de glicerina (0; 2,8; 6,1 e 9,0% na MS da dieta) contendo 81,2% de glicerol e 0,33% de metanol, sobre os coeficientes de digestibilidade da MS, PB, MO, FDN, CNF e CT. Entretanto encontraram efeito linear crescente ($P < 0,05$) sobre a digestibilidade do extrato etéreo. Silva et al. (2007) também observaram maior coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo em dietas contendo maiores teores de lipídios, para cabras em lactação.

Santos et al. (2015) avaliaram o consumo e a digestibilidade de cabritos mestiços terminados em confinamento, alimentados com dietas contendo glicerina bruta (0, 4, 8 e 12% na MS), e verificaram que a adição de glicerina bruta não interferiu ($P > 0,05$) no CMS e demais nutrientes bem como DMS, DPB, DFDN, mas observaram que houve efeito quadrático para a digestibilidade do EE. A ausência de efeito dos diferentes teores de glicerina bruta sobre o CMS pode estar relacionado à semelhança na composição química das dietas experimentais. Adicionalmente, as dietas experimentais, mesmo com a substituição parcial do milho, apresentaram teores de NDT também muito próximos, o que contribuiu para os resultados encontrados. Os autores atribuem a variação na digestibilidade do EE à composição da glicerina bruta (fonte de matéria-prima ou processo de produção do biodiesel), que substituiu parcialmente o milho das dietas.

Com os resultados obtidos neste trabalho, os autores recomendam a inclusão em até 12% de glicerina bruta para cabritos em terminação, em situações de oscilação do preço do milho, sem alteração nos parâmetros produtivos avaliados.

Chanjula et al. (2014), ao avaliarem os efeitos de concentrações crescentes de glicerina bruta (GB) produzida a partir de óleo de palma e continha 87,61% de glicerol, 1,24% de sódio, 0,64% de metanol, utilizando os níveis de 0, 5, 10, e 20% de MS na dieta de caprinos sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes, relataram que não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os grupos de tratamento com base no consumo de MS e os coeficientes de digestibilidade de nutrientes (MS, MO, PB, EE, FDN e FDA). Assim, os autores concluem que os níveis de GB até 20% na ração total poderia ser eficientemente utilizado na alimentação de caprinos. Da mesma forma, Avila-Stagno et al. (2013), não encontraram diferença no consumo e digestibilidade de nutrientes ao avaliarem a adição de até 21% de glicerina bruta na dieta de cordeiros confinados. Segundo os autores, a adição de glicerina bruta pode aumentar a digestibilidade da matéria seca e nutrientes, dos animais alimentados basicamente com forragem, entretanto, tem impacto mínimo ou nulo na digestibilidade de animais alimentados com dietas com alta proporção de concentrados. Essas variações podem ainda estar relacionadas à grande variação na composição da glicerina produzida, principalmente no que diz respeito aos compostos contaminantes como sais, que podem reduzir o consumo e a digestibilidade dos nutrientes.

Desempenho produtivo de pequenos ruminantes

Sabe-se que existem níveis determinantes de consumo e digestibilidade de nutrientes para que o animal atinja as suas exigências de manutenção, e que possa responder com ganho de peso e produção satisfatória. Assim, animais que apresentam baixo consumo ou consomem alimento de baixa digestibilidade, tendem a não ter essas exigências alimentares supridas acarretando em baixos índices de desempenho.

Pelo fato do propionato ser precursor de glicose e de ácidos graxos que apresentem número ímpar de carbono, é possível reduzir a quantidade de concentrado na dieta de ruminantes com a inclusão de glicerina em substituição ao milho. Possibilitando assim, além da diminuição do custo de produção, melhorar o

desempenho animal, pois altas quantidades de concentrado favorece doenças como acidose e laminite, por causar o abaixamento do pH ruminal (Borges, 2014).

Com o objetivo de avaliar os efeitos dos níveis de glicerina bruta (GB) (0; 2,65; 5,33; 8,06 e 10,84% na base da matéria seca) sobre o desempenho de ovinos terminados em confinamento, Barros et al. (2015) verificaram que não houve influência ($P>0,05$) dos níveis de glicerina bruta na dieta sobre o peso corporal final (PCF), ganho médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA). Eles observaram também que houve redução do consumo de matéria seca, e dessa forma era esperado que os animais apresentassem menor ganho de peso, mas este fato não ocorreu, provavelmente, porque as quantidades de nutrientes das dietas, principalmente energia, foram suficientes para suprir as exigências de manutenção dos animais, não influenciando ($P>0,05$) no desempenho. Assim, eles concluíram que a utilização da glicerina bruta contendo 43,6% de glicerol pode ser incluída em até 10,84% na matéria seca de rações para ovinos em confinamento. Entretanto, é possível que tenha havido efeito para PCF, onde é observado uma variação de quase 6 kg entre alguns tratamentos, mas como não houve ajuste de modelo os autores devem ter preferido não justificar esse decréscimo no ganho de peso. Assim como também para as demais variáveis ocorre variações que são passíveis que tenham havido efeito.

O consumo de MS é um importante fator que influencia o desempenho de animais em confinamento, sendo considerado o ponto determinante de aporte de nutrientes necessários para o atendimento das exigências de manutenção e de ganho de peso dos animais. Lage et al. (2010), ao avaliarem níveis de glicerina bruta (de 0, 3, 6, 9 e 12%) na dieta de cordeiros terminados em confinamento, observaram menor desempenho dos animais submetidos às dietas com alta inclusão de GB, e isso ocorreu devido ao menor consumo voluntário de MS. Observou-se, inclusive, que nos maiores níveis de inclusão da GB, as exigências não foram atendidas, segundo normas do NRC (2007). Portanto, animais que receberam maiores níveis de GB na dieta apresentaram um desempenho inferior, o que resultou em menor PCF ao abate bem como a redução no ganho de peso de corpo vazio, ganho de carcaça e ganho de carcaça/ganho médio diário de peso com o aumento dos níveis de glicerina na dieta.

Santos et al. (2015) com o objetivo de avaliar o desempenho produtivo de cabritos mestiços terminados em confinamento, alimentados com dietas contendo

glicerina bruta (0, 4, 8 e 12% na MS), verificaram que a adição de glicerina bruta não interferiu ($P>0,05$) no peso final, GMD e na CA, e atribuem este efeito devido a semelhança entre as concentrações de energia do milho e do glicerol e ao fato de o consumo de MS e nutrientes não ter sido alterado. Assim, recomendam a inclusão em até 12% de glicerina bruta para cabritos em terminação, em situações de oscilação do preço do milho, sem alteração nos parâmetros produtivos avaliados, entretanto os autores não especificaram a composição da GB utilizada.

Chanjula et al. (2015), avaliaram o efeito da suplementação dietética de glicerina bruta (GB) (0, 5, 10 e 20% na base da matéria seca) sobre o desempenho de caprinos terminados em confinamento, e relataram que a substituição parcial de grãos de milho com GB não afetou significativamente o GMD ($0,109 \pm 0,013$ kg / dia) e a eficiência alimentar (EA) dos animais ($0,160 \pm 0,016$ kg / kg). No entanto, houve uma tendência de aumento do GMD e da EA quando os animais foram suplementados ($P = 0,06$ e $P = 0,09$, respectivamente). Assim concluíram que níveis de até 20% de GB na MS da dieta pode ter um impacto positivo no desempenho de cabritos. Mais especificamente, cabritos alimentados com GB têm uma tendência a incrementar a GMD e a EA, quando comparado com cabritos não alimentados com GB.

Da mesma forma que os resultados obtidos por Chanjula et al. (2015), a glicerina como ingrediente energético substituiu o milho em até 20% da MS na dieta para cordeiros em terminação, sem impacto negativo sobre GMD e a eficiência alimentar (Gunn et al., 2010a). Além disso, a adição de glicerina em níveis de até 10% de MS para a dieta de borregos leves (Terré et al., 2011), bem como em níveis de até 30% de MS para cordeiros mais pesados (Gomes et al., 2011) não teve qualquer efeito sobre o desempenho. Por outro lado, Musselman et al. (2008), Parsons et al. (2009) e Gunn et al. (2010b) demonstraram que a glicerina bruta acima de 15% da MS na alimentação dos ruminantes em terminação diminuiu a eficiência alimentar através da diminuição da GMD.

Desempenho bio-econômico de pequenos ruminantes

A qualidade dos ingredientes e conseqüentemente da dieta, são alguns dos fatores que ainda desestimulam o confinamento, pois seu uso inadequado afeta de forma

severa o desempenho animal, com reflexos sobre os índices produtivos. Além disso, o impacto econômico da alimentação representa aproximadamente 85% do custo da atividade produtiva, sendo o concentrado o principal limitante responsável nesse sistema.

Com o propósito de viabilizar o confinamento, é comum à utilização de coprodutos da agroindústria na composição das dietas, uma vez que o custo com a alimentação é responsável por grande parte dos gastos neste sistema. Dentre estes coprodutos, a glicerina bruta aparece como uma opção na formulação de dietas, podendo substituir o milho, quando o preço representar até 70% do preço do milho (Lage et al., 2010).

Lage et al. (2010) com o objetivo de avaliar os efeitos de níveis de inclusão de glicerina bruta (GB), contendo 36,20% de glicerol, na dieta de cordeiros em terminação, sobre o desempenho econômico, relataram que o custo do ganho de carcaça variou entre R\$ 4,29 e 4,98, com o menor custo atribuído ao tratamento em que os animais receberam inclusão de 6% de GB na MS da dieta. Esse resultado pode ser explicado pelo resultado da CA dos animais, que foi melhor nos níveis de inclusão de GB de 6,2 e 5,2%, os quais foram semelhantes à inclusão que possibilitou menor custo por GC (6% de glicerina bruta). O balanço ótimo entre a CA e os custos dos ingredientes da dieta definem o nível ótimo de GB na dieta. A análise apresentada é referente ao custo do GC considerando-se preços fixos dos alimentos.

Quanto aos resultados da análise de sensibilidade do custo do GC das diferentes dietas, com diferentes preços da GB (% do preço do milho grão), observaram que, quando a GB representar até 70% do preço do milho, o nível ótimo (menor custo do GC) de inclusão na dieta será de 6% na MS. No período avaliado, o preço da GB representou 35,5% do preço do milho, o que permite concluir que a glicerina bruta pode ser incluída na dieta dos cordeiros em até 6% na MS, em substituição ao milho. Da mesma forma, observou-se que a margem de lucro em relação ao preço recebido pelo kg de carcaça, foi maior em animais alimentados com 6% de GB na dieta. Assim, os autores concluem que a inclusão de até 6% de glicerina bruta, contendo 36,20% de glicerol, na dieta de cordeiros em terminação, otimiza a conversão alimentar dos animais e reduz o custo, quando o preço desse coproduto representa até 70% do preço

do milho, mas compromete o consumo, a digestibilidade, as características quantitativas relacionadas à carcaça e ao desempenho dos animais.

Françozo (2014), avaliou o efeito dos níveis de inclusão de glicerina bruta (0, 7, 14, e 21% da matéria seca) na dieta de cordeiros em terminação, sobre a viabilidade econômica da, e observou que o uso de 21% de glicerina bruta, contendo 78% de glicerol, em substituição ao milho em dietas de cordeiros confinados mostrou-se viável sob o ponto de vista nutricional e econômico. Observaram que a dieta com 21% de glicerina bruta teve um custo R\$0,10 centavos (por kg) inferior à dieta sem glicerina bruta, e apresentou melhor conversão alimentar.

Musselman et al. (2008), avaliaram os efeitos inclusão da glicerina bruta (0; 15; 30 e 45%) na dieta de ovinos em terminação, sobre o desempenho e viabilidade econômica, e afirmaram que cordeiros alimentados com o nível zero e 15% de GB na dieta tiveram uma ingestão de MS maior, comparado aos demais níveis, conseqüentemente, atingiram o peso de abate em média, com 23 dias a menos que os animais que receberam 30% de GB na dieta e 63 dias mais cedo do que os cordeiros sobre tratamento com 45% de GB. Os autores concluíram que o aumento do custo da alimentação em função do aumento do número de dias que os animais com níveis maiores de 15% de GB na dieta, precisaram para chegar ao peso de abate, representou inviabilidade econômica para ambos os tratamentos (30 e 45%).

Qualidade da carne de pequenos ruminantes que consomem glicerídeos e gliceróis

Em trabalhos já realizados, é possível observar que o uso da glicerina bruta pode ser utilizada na alimentação de pequenos ruminantes sem influenciar no desempenho produtivo (Barros et al, 2015; Chanjula et al, 2015), além de reduzir os custos com a alimentação (Françozo, 2014; Lage et al. 2010). Porém, há uma grande variabilidade no tipo de glicerina e na porcentagem utilizada na dieta, além da quantidade de teor de glicerol e ácidos graxos que interferem nos resultados, e como a alimentação animal está altamente relacionada com a composição de tecidos (muscular, gorduroso e ósseo) existentes na carcaça é importante observar se não há alguma alteração na qualidade da carne com a utilização desse coproduto.

O glicerol é um componente do metabolismo normal dos animais, sendo encontrado na circulação e nas células. Ele é derivado da lipólise no tecido adiposo, hidrólise dos triglicerídeos das lipoproteínas do sangue e gordura dietética (Lin, 1977). De fácil utilização pelos animais, o glicerol pode ser absorvido diretamente pelo epitélio ruminal, metabolizado no fígado e direcionado para a gliconeogênese e convertido em glicose, e a porção não absorvida é fermentada a propionato, e metabolizado a oxaloacetato, por meio do ciclo de Krebs no fígado, podendo também ser utilizado para formar glicose pela via gliconeogênica (Krehbiel, 2008). Krehbiel (2008) relata que cerca de 13% do glicerol que chega ao rúmen desaparece por passagem direta com a digesta, 44% por fermentação e 43% por absorção pelo epitélio ruminal. O glicerol presente no organismo animal, normalmente está ligado a uma fonte lipídica (triglicerídeos, lipoproteínas, gordura dietética), entretanto quando é utilizado na alimentação animal, não está ligado a essas fontes, e o mesmo é assimilado de forma diferente como relatado anteriormente, servindo como fonte de energia principalmente na forma de glicose, e somente quando consumido em excesso será convertido em glicogênio pelo fígado e posteriormente transformado em gordura através da lipogênese, desta forma é pouco provável que o mesmo acarrete alguma alteração danosa para a carne dos animais que consumam glicerol.

Com o objetivo de avaliar os efeitos dos níveis de glicerina bruta (GB) (0; 2,65; 5,33; 8,06 e 10,84% na base da matéria seca) sobre as características de carcaça de ovinos terminados em confinamento, Barros et al. (2015) verificaram que não houve influência ($P > 0,05$) dos níveis de glicerina bruta na dieta sobre o peso carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF) e os rendimentos da carcaça. Assim, eles concluíram que a utilização da glicerina bruta contendo 43,6% de glicerol pode ser incluída em até 10,84% na matéria seca de rações para ovinos em confinamento. Lage et al. (2010), ao avaliarem níveis de glicerina bruta (de 0, 3, 6, 9 e 12%) na dieta de cordeiros terminados em confinamento, observaram menor peso corporal final ao abate bem como a redução no ganho de peso de corpo vazio, ganho de carcaça e ganho de carcaça/ganho médio diário de peso com o aumento dos níveis de glicerina na dieta. Fato este que está relacionado com o menor desempenho apresentado com os animais submetidos às dietas com alta inclusão de GB, e isso ocorreu devido ao menor consumo voluntário de MS.

Lage et al. (2014), dando continuidade ao trabalho anterior, confirmaram os resultados observados anteriormente em que também foi observado efeito negativo nos pesos de carcaça quente e fria dos ovinos nos níveis com maior inclusão de GB, entretanto, não observaram efeito sobre os rendimentos da carcaça, perdas por resfriamento, área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS), corroborando com os resultados observados por Barros et al. (2015), comentado anteriormente e com os por Carvalho et al. (2015) que avaliaram a inclusão de glicerina bruta de até 30% na dieta de ovinos e não observaram efeito sobre as características dos rendimentos da carcaça, AOL e EGS, além de não observarem efeito sobre os PCA e de PCQ e PCF. Do mesmo modo Chanjula et al. (2015), avaliaram o efeito da suplementação dietética de glicerina bruta (0, 5, 10 e 20% na base da matéria seca) sobre as características de carcaça de caprinos terminados em confinamento, e relataram que a substituição parcial de grãos de milho com glicerina bruta não afetou significativamente o PCA, PCQ, PCF, rendimento de carcaça quente (RCQ), rendimento de carcaça fria (RCF), AOL, EGS, além das perdas por cocção (PPC) e a cor. Demonstrando que a glicerina bruta não ocasiona em alterações nos rendimentos da carcaça, área de olho de lombo e espessura de gordura de cobertura, mas somente efeitos relacionados ao peso final dos animais, e que foram provocados por diminuição do consumo e estando ligados a alguma característica que ocasione uma inibição do consumo como mencionado anteriormente o metanol ou teores elevados de sais.

As características da carne determinam sua utilidade para a comercialização e adaptação aos processos industriais. Dentre as propriedades mais importantes destacam-se capacidade de retenção de água, pH, cor, força de cisalhamento e perdas por cozimento (Dabés, 2001). Diante disso torna-se importante avaliar as características físico-químicas da carne. Lage et al. (2014) também avaliaram os efeitos da inclusão da GB sobre os parâmetros físico-químicos de PPC, perdas por descongelamento (PPD), perdas totais (PT), força de cisalhamento (FC), pH inicial e final, e os teores de proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), umidade (UM) e extrato etéreo (EE) e não observaram efeito sobre nenhuma variável. Corroborando com esses resultados Oliveira et al. (2013) também não observaram efeito sobre as características PC, FC, capacidade de retenção de água (CRA) e comprimento de sarcômero (CS) e pH inicial e final em cordeiros alimentados sem e com 10% de glicerina na dieta.

Avaliando as características qualitativas da carne em diferentes músculos de cordeiros Pantaneiros alimentados com teores crescentes (0, 2,5, 5,0 e 7,5%) de glicerina bruta na dieta em substituição ao milho, Cunha (2014) não observou efeito sobre as características de pH inicial e final, temperatura inicial e final, CRA, PPC, FC, cor, PB, UM e MM, corroborando com os resultados observados por Lage et al. (2014). Já Pellegrin et al. (2014), avaliando a inclusão de até 30% de glicerina bruta para cordeiros lactantes não observaram efeito para as variáveis CRA, UM, MM, EE, PB e colesterol (COL) entretanto observaram efeito para o pH e PPC, aumentando as duas variáveis com o acréscimo das dose de glicerina na dieta. Os autores não souberam explicar o fato, tendo em vista que a literatura que consideram o glicerol capaz de causar efeitos sobre a retenção de água no músculo, aumentando a capacidade de retenção de água.

Pellegrin et al. (2014) também não observaram influência dos teores de glicerina bruta sobre a análise do perfil de textura da carne dos cordeiros. Os autores atribuíram a semelhança entre os tratamentos devido a semelhança estatística no conteúdo lipídico de carne, já que a deposição de gordura intramuscular está associada a maciez da carne.

Borghì (2015) avaliou a inclusão de níveis (0, 10 e 20%) de glicerina bruta (83,90% de glicerol; 12,31% de umidade e 3,79% de sais) na dieta de cordeiros sobre a qualidade da carne, e não observaram efeito do glicerol para as variáveis de pH final, CRA, PPD, PPC, FC, CS, diâmetro da fibra (DF), número de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico e os parâmetros de cor de luminosidade e intensidade de vermelho, entretanto o mesmo observou efeito para a b* intensidade de amarelo, e atribuiu ao glicerol, ressaltando que a coloração amarelada da gordura está relacionada ao acúmulo de pigmentos carotenoides. Borghì (2015) também não observou efeito da inclusão de glicerina sobre as características sensoriais se cor, sabor, maciez e aceitação global. Demonstrando que a inclusão da glicerina na dieta de pequenos ruminantes não interfere nas características sensoriais da carne e desta forma da aceitação das mesmas pelos consumidores.

Já Rocha et al. (2015) avaliaram os efeitos da substituição parcial do milho pela glicerina bruta na composição química, características sensoriais, e perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* em cabritos Boer e também não observou efeito sobre as características de UM, PB, EE, suculência, flavour e aroma, além de que

nenhum dos ácidos graxos estudados, entretanto, houve um aumento da dureza e cor acarretando numa redução da aceitação global.

Barros (2012) avaliaram o efeitos dos níveis de glicerina bruta (0; 2,65; 5,33; 8,06 e 10,84% na base da matéria seca) sobre as características dos ácidos graxos da carne de ovinos terminados em confinamento, verificaram o perfil de ácidos graxos na carne variou em função dos níveis crescentes de glicerina bruta na dieta, proporcionando um aumento do ácido linoleico conjugado (CLA), e não influenciando a razão n-6/n-3, e concluiu que os resultados indicam que a utilização da glicerina bruta foi eficiente para melhorar a qualidade da carne, cabendo aos profissionais da nutrição animal julgar, de acordo com os resultados obtidos através do desempenho dos animais, assim como os custos, a sua inclusão na dieta de pequenos ruminantes.

Mesmo com alguns resultados controversos, em sua maioria não foi observado aspectos negativos da utilização da glicerina bruta na alimentação de pequenos ruminantes sobre as características da carcaça e da qualidade da carne, não depreciando o produto final em questão. Desta forma não sendo um entrave na utilização desse coproduto com o intuito de minimizar os custos de produção e maximizar o lucro na criação de pequenos ruminantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABO EL-NOR, S.; ABUGHAZALEHA, A.A.; POTUA, R.B.; et al. Effects of differing levels of glycerol on rumen fermentation and bacteria. **Animal Feed Science and Technology**, 2010.

ABRIL, P. A. S. **Transesterificação enzimática de óleo de soja por lipase presente no concentrado bruto do fungo Colletotrichum gloeosporioides: Uma abordagem alternativa ao uso de lipases comerciais**. 99f.: il. Dissertação, Belo Horizonte, UFMG, 2012.

ABUGHAZALEH, A.A.; ABO EL-NOR, S.; IBRAHIM, S.A. The effect of replacing corn with glycerol on ruminal bacteria in continuous culture fermenters. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.95, p.313-319, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEL - ANP. **Biodiesel** - Introdução. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel>> Acesso em 27 de novembro de 2015.

AVILA-STAGNO, J.; CHAVES, A.V; HE, M.L.; et al. Effects of increasing concentrations of glycerol in concentrate diets on nutrient digestibility, methane emissions, growth, fatty acid profiles, and carcass traits of lambs. **Journal of Animal Science**. v.91, p.829-837. 2013.

BARROS, M.C.C.; MARQUES, J.A.; SILVA, F.F.; et al. Glicerina bruta na dieta de ovinos confinados: consumo, digestibilidade, desempenho, medidas morfométricas da carcaça e características da carne. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 453-466. 2015.

BARROS, M.C.C. **Glicerina bruta na dieta de ovinos confinados**. 81f.: il. Tese (Doutorado), Itapetinga, UESB, 2012.

BONDIOLI, P. From Oilseeds to Industrial Products: Present and near future of oleochemistry. **Italian Journal of Agronomy**, v.7, n 7, p129-135, 2003.

BORGES, G.D.S. **Substituição do milho por glicerina bruta na dieta de caprinos**. 66f.: il. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Dois Vizinhos - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2014.

BORGHI, T.G. **Características da carne de cordeiros alimentados com glicerina proveniente da produção do biodiesel**. 90f.: il. Dissertação, Jaboticabal, UNESP. 2015.

CARVALHO, V.B.; LEITE, R.F.; ALMEIDA, M.T.C.; PASCHOALOTO, J.R.; CARVALHO, E.B.; LANNA, D.P.D.; PEREZ, H.L.; VAN CLEEF, E.H.C.B.;

HOMEM JUNIOR, A.C.; EZEQUIEL, J.M.B. Carcass characteristics and meat quality of lambs fed high concentrations of crude glycerin in low-starch diets. **Meat Science**, v.110, p.285–292, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.08.001>

CHANJULA, P.; PAKDEECHANUAN, P.; WATTANASIT, S. Effects of dietary crude glycerin supplementation on nutrient digestibility, ruminal fermentation, blood metabolites, and nitrogen balance of goats. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**. v.27, n.3, p.365-374. 2014.

CHANJULA, P.; PAKDEECHANUAN, P.; WATTANASIT, S. Effects of feeding crude glycerin on feedlot performance and carcass characteristics in finishing goats. **Small Ruminant Research**. v.123, p.95–102, 2015.

CUNHA, C.M. **Qualidade da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo glicerina bruta**. 55f.: il. Dissertação, Dourados, UFGD, 2014.

DABÉS, A.C. Propriedades da carne fresca. **Revista Nacional da Carne**, v.25, n.288, p.32-40, 2001.

DERMIBAS, A. (a). “Comparison of transesterification methods for production of biodiesel vegetable oils and fats”. **Energy Conversion and Management**, v.49, p.125-130, 2008.

DONKIN, S. S. KOSER, S. L.; WHITE, H. M.; DOANE, P. H.; CECAVA, M.J. Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.92, p.5111-5119, 2009.

DOPPENBERG, J.; VAN DER AAR, P. The nutritional value of biodiesel by-products (Part2: Glycerine). **Feed Business Asia**, Beijing, v.6, n. 3, p. 42-43, 2007.

ELAM, N.A.; ENG., K.S.; BECHTEL, B.; ET AL. Glycerol from Biodiesel Production: Considerations for feedlot diets. **Proceedings of the Southwest Nutrition Conference**. Tempe AZ. n.21, 2008.

ENCARNAÇÃO, A. P. G. **Geração de biodiesel pelos processos de transesterificação e hidroesterificação, uma avaliação econômica**. Rio de Janeiro, UFRJ/EQ, 2007.

FALCÃO, P. W. C. **Produção de biodiesel em meio supercrítico**. Tese (doutorado). Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, p. 283-305, 2011.

FARIAS, M.S. et al. Níveis de glicerina para novilhas suplementadas em pastagens: desempenho, ingestão, eficiência alimentar e digestibilidade. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.3, p.1177-1188, 2012.

FÁVARO, V.R. **Utilização de glicerina, subproduto do biodiesel, na alimentação de bovinos**. 2010. Dissertação (mestrado em zootecnia). Faculdade de ciências agrárias e veterinárias – UNESP. Jaboticabal. 2010.

FRANÇOZO, M.C. **Glicerina bruta em substituição ao milho na dieta de cordeiros confinados**. 2014. Dissertação (Mestrado em Saúde e Produção de Ruminantes). Universidade Norte do Paraná e Universidade Estadual de Londrina. Arapongas, 2014. 70f.

GLISIC, S. SKALA, D. The problems in design and detailed analyses of energy consumption for biodiesel synthesis at supercritical conditions. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 49, pp. 293-301, 2009.

GOG, A.; ROMAN, M.; TOSA, M.; PAIZS, C.; IRIMIE, F. Biodiesel production using enzymatic transesterification - Current state and perspectives. **Renewable Energy**. 39 (1), 10-16, 2012.

GOMES, M.A.B.; MORAES, G.V.; MATAVELI, M.; et al. Performance and carcass characteristics of lambs fed on diets supplemented with glycerin from biodiesel production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.10, p.2211-2219, 2011.

GREEN, M M.; WITTICOFF, H. Organic chemistry principles and industrial practice. Wiley- VCH. 2003.

GUNN, P.J.; SCHULTZ, A.F.; VAN EMON, M.L.; NEARY, M.K.; LEMENAGER, R.P.; RUSK, C.P.; LAKE, S.L. Effects of elevated crude glycerin concentrations on feedlot performance, carcass characteristics, and serum metabolite and hormone concentrations in finishing ewe and wether lambs. **The Professional Animal Scientist**, Champaign, v. 26, n. 3, p. 298-306, 2010a.

GUNN, P.J.; NEARY, M.K.; LEMENAGER, R.P.; et al. Effects of crude glycerin on performance and carcass characteristics of finishing wether lambs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, n. 5, p. 1771-1776, 2010b.

HOUDE, A., KADEMI, A., LEBLANC, D. Lipases and their industrial applications. **Applied Biochemistry and Biotechnology**. v.118, p.155-170, 2004.

JENKINS, T.C.; MCGUIRE, M.A. Major Advances in Nutrition: Impact on milk composition. **Journal of Dairy Science**, v.89, n.4, p.1302-2310, 2006.

KERR, B.J.; DOZIER, W.A.; BREGENDAHL, K. Nutrition value of crude glycerin for non ruminants. In: ANNUAL CAROLINA SWINE NUTRITION CONFERENCE, 23, 2007, Raleigh. **Proceedings...** Raleigh: Savoy, p. 8-13. 2007.

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

KRUEGER, N.A.; ANDERSON, R.C.; TEDESCHI, L.O.; et al. Evaluation of feeding glycerol on free fatty acid production and fermentation kinetics in vitro, **Bioresource Technology**, v.101, p.8469–8472, 2010.

KUSDIANA, D.; SAKA, S. Two-Step preparation for catalyst-free biodiesel fuel production. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 113, pp. 781-791, 2004.

LAGE, J.F.; PAULINO, P.V.R.; PEREIRA, L.G.R.; et al. Carcass characteristics of feedlot lambs fed crude glycerin contaminated with high concentrations of crude fat. **Meat Science**, v.96, p. 108-113, 2014.

LAGE, J.F.; PAULINO, P.V.R.; PEREIRA, L.G.R.; et al. Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 9. 2010.

LEUNG, D.; WU, X.; LEUNG, M., A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. **Applied Energy**, 87 (4), 1083-1095, 2010.

LIN, E.C.C. Glycerol utilization and its regulation in mammals. **Annual Review of Biochemistry**, Palo Alto, v. 46, p. 765-795, 1977.

MARCHETTI, J. M.; ERRAZU, A. F. **Comparison of different heterogeneous catalysts and different alcohols for the esterification reaction of oleic acid**, **Fuel**, v. 87, p.3477-3480, 2008.

MEHER, L. C., SAGAR, D. V., NAIK, S. N. Technical aspects of biodiesel production by transesterification — a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 10, 248-264, 2006.

MORAN, T.H.; MCHUGH, P.R. Cholecystokinin suppresses food intake by inhibiting gastric emptying. **American Journal of Physiology**, v.242, p.491-497, 1982.

MOTA, C. J. A.; SILVA, C. X. A.; GONÇALVES, V. L. C. Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel. **Química Nova**, Vol. 32, No. 3, 639-648, 2009.

MUSSELMAN, A.F.; VAN EMON, M.L.; GUNN, P.J. Effects of crude glycerin on feedlot performance and carcass characteristics of market lambs. In: WESTERN SECTION, AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCES, 2008, West Lafayette. **Proceedings...** Purdue University Department of Youth Development and Agricultural Education and Department of Animal Sciences, p.353-355. 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 6. ed. Washington: National Academy of Sciences, 90 p. 1984.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. 1.ed. Washington: National Academy Press, 362p. 2007.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger principles of biochemistry**. 3 ed. 1152 p. 2000.

OLIVEIRA, J.B. **Subprodutos do biodiesel em dietas para caprinos**. Itapetinga: UESB, 2014. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. 70 p., 2014.

OLIVEIRA, J.S.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S.C.; MÜLLER, M.D. Composição química da glicerina produzida por usinas de biodiesel no Brasil e potencial de uso na alimentação animal. **Ciência Rural**, v.43, n.3, p.509-512, 2013.

OLIVEIRA, R. L.; BAGALDO, A. R.; LADEIRA, M. M. Fontes de lipídeos na dieta de búfalas lactantes: consumo, digestibilidade e N-uréico plasmático. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.553-559, 2009.

PAGLIARO, M.; ROSSI, M. Cap.1, Glycerol: **Properties and Production**. In: PAGLIARO, M.; ROSSI, M.; **The Future of Glycerol - New Usages for a Versatile Raw Material**. Royal Society of Chemistry, 1 ed., 2008.

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

PELLEGRIN, A.C.R.S.; PIRES, C.C.; CARVALHO, S.; et al.. Glicerina bruta no suplemento para cordeiros lactentes em pastejo de azevém. **Ciência Rural**, v.42, n.8, ago, 2012.

PELLEGRIN, A.C.R.S.; PIRES, C.C.; NALÉRIO, E.S.; WOMMER, T.P.; MELLO, R.O; PELEGRINI, L.F.V. Qualidade da carne de cordeiros lactentes suplementados com teores de glicerina bruta em comedouro privativo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.5, p.2685-2696, 2014. DOI: 10.5433/1679-0359.2014v35n5p2685

POL, A.; DEMEYER, D.I. Fermentation of methanol in the sheep rumen. **Applied and Environmental Microbiology**, v.54, p.832-834, 1988.

REYNOLDS, C.K. Quantitative aspects of liver metabolism in ruminants. In: ENGLEHARDT, W.V.; LEONHARD-MAREK, S.; BREVES, G. (Ed.). **Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth, and reproduction**. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag, p.351-372. 1995.

ROCHA, K.S.; PARENTE, H.N.; PARENTE, M.O.M.; et al. Fatty acid profile, chemical composition, and sensory effects of crude glycerin on the *longissimus dorsi* of crossbred Boer goat kids. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.44, n.7, p.263-268. 2015.

SANTOS, D.A.; PARENTE, H.N.; PARENTE, M.O.M.; et al. Desempenho produtivo de cabritos alimentados com glicerina bruta. **Ciência Rural**. v.45, n.4, p.690-696. 2015.

SCHRÖDER, A.; SÜDEKUM, K.H. **Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets of ruminants**. Kiel: University of Kiel, 2007.

SILVA, D. A. V.; VAN CLEEF, E. H. C. B.; EZEQUIEL, J. A. B.; D'ÁUREA, A. P.; FÁVARO, V. R. Glicerina bruta na dieta de bovinos de corte confinados: efeito sobre o hemograma. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.49, n.3, p.202-209, 2012.

SILVA, M.M.C.; RODRIGUES, M.T.; RODRIGUES, C.A.F. Efeito da suplementação de lipídios sobre a digestibilidade e os parâmetros da fermentação ruminal em cabras leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.246-256, 2007.

SOUZA, L.L. **Glicerina bruta em dietas para cordeiros Santa Inês e ½ Dorper x Santa Inês**. Itapetinga, UESB, 2013. 63p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB/Campus Juvino Oliveira. 2013.

STRANSKY, K.; ZAREVUCKA, M.; KEJIK, Z.; WIMMER, Z.; MACKOVA, M.; DEMNEROVA, K. Substrate specificity, regioselectivity and hydrolytic activity of lipases activated from *Geotrichum* sp. **Biochem. Eng. J.** 34: 209- 216, 2007.

SUAREZ, P.A.Z.; MENEGHETTI, S.M.P.; MENEGHETTI, M.R.; WOLF, C.R. Transformação de triglicérides em combustíveis, materiais poliméricos e insumos químicos: algumas aplicações da catálise na oleoquímica. **Química Nova**, Vol. 30, No. 3, 667-676, 2007.

SUAREZ, P.A.Z.; MENEGHETTI, S.M.P. 70º aniversário do biodiesel em 2007: evolução histórica e situação atual no Brasil. **Química Nova**, Vol. 30, No. 8, 2068-2071, 2007.

TERRÉ, M. et al. The use of glycerin in rations for light lamb during the fattening period. **Animal Feed Science and Technology**. v.162, n.3, p.262-267, 2011.

TYSON, K.S.; BOZELL, J.; WALLACE, R. [2004]. Biomass Oil Analysis: Research Needs and Recommendations. **Technical Report National Renewable Energy Laboratory Golden, Colorado USA**. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/34796.pdf>>. Acesso em: 27 de novembro de 2015.

UMPIERRE, A. P.; MACHADO, F. Gliceroquímica e Valorização do Glicerol. **Revista Virtual Química**, vol.5, n.1, p.106-116, 2013. DOI: 10.5935/1984-6835.20130010

ZAWADSKI, F.; VALERO, M.V.; Prado, I.V. **Uso de aditivos na dieta de bovinos de corte.** In: Prado, I.N. (Organizador). Produção de Bovinos de Corte e Qualidade da Carne. Maringá: Eduem, 2010.

CAPÍTULO I

**Desempenho e parâmetros ruminais em caprinos mestiços Boer
alimentados com dietas contendo glicerina bruta**

Desempenho e parâmetros ruminais em caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da glicerina bruta oriunda da produção do biodiesel sobre o consumo, digestibilidade, desempenho e parâmetros ruminais de caprinos mestiços Boer. Utilizou-se trinta e dois cabritos mestiços Boer x SPRD, castrados, com peso inicial de $17,8 \pm 2,2$ kg, entre três e quatro meses de idade, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos e oito repetições. Os cabritos foram alimentados com silagem de sorgo e concentrado, e a inclusão da glicerina bruta nos níveis de 0,0; 5,0; 10,0 e 15,0% na dieta na matéria seca. O consumo de matéria seca e dos demais nutrientes, a digestibilidade do extrato etéreo, o peso final dos animais, o ganho de peso total e ganho de peso médio diário foram afetados ($P < 0,05$) de forma linear negativa pela inclusão de glicerina bruta. Para o coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro houve efeito quadrático ($P < 0,05$), estimando-se o nível de 4,78% de glicerina bruta para a digestibilidade máxima de 60,54%. A adição dos níveis de glicerina bruta aumentou linearmente ($P < 0,05$) o pH ruminal, com variação de 6,27 a 6,49, para as dietas com 0 e 15% de glicerina bruta. A concentração média de nitrogênio amoniacal e proteína microbiana no rúmen apresentaram efeito linear decrescente com o aumento dos níveis de glicerina bruta ($P < 0,05$), a proteína microbiana apresentou as menores concentrações com a inclusão de 15% de glicerina bruta (322,18 mg/dL) e os maiores valores apresentadas no tratamento 0% (369,31 mg/dL). A inclusão do glicerina bruta com cerca de 6,6% de metanol acarreta na redução do consumo e ganho, dos caprinos mestiços Boer à medida que é acrescida nas dietas. Entretanto não alteram a digestibilidade dos nutrientes, as características de conversão e eficiência alimentar. Sendo aconselhável a utilização da glicerina bruta na dieta de caprinos com menor teor de metanol.

Palavras-chave: alimento alternativo, biodiesel, cabritos, confinamento, ganho de peso, glicerol

Performance and ruminal parameters in crossbred Boer goats fed diets containing crude glycerin

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of crude glycerin from biodiesel production on intake, digestibility, and ruminal parameters in crossbred Boer goats finishing. Thirty-two crossbred Boer goats kids (Boer x undefined breed), castrated, with average initial weight of 17.8 ± 2.2 kg, between three and four months old, were assigned in a completely randomized experimental design with four treatments (diets with inclusion levels of crude glycerin of 0, 5, 10 and 15% on fresh matter basis) and eight repetitions. The inclusion of crude glycerin linearly decreased ($P < 0.05$) the intakes of DM and all nutrients, ether extract digestibility, final weight, daily weight gain and total weight gain of animals. Neutral detergent fiber had a quadratic effect ($P < 0.05$), with maximum values estimated in 60.54% at the level of 4.78% of crude glycerin. Addition of crude glycerin levels linearly increased ($P < 0.05$) the ruminal pH, ranging from 6.27 to 6.49. Concentration of $\text{NH}_3\text{-N}$ and microbial protein in the rumen had a linear decrease ($P < 0.05$) by dietary crude protein levels. The lower concentration of microbial protein (322.18 mg/dL) was found with inclusion of 15% and higher concentration (369.31 mg/dL) in treatment without inclusion of crude glycerin. Inclusion of crude glycerin associated with approximately 6.6% of methanol leads to a decrease on intake and gain of crossbred Boer goats kids as it is increased in diets. However, did not affect nutrient digestibility, food conversion and feed efficiency. Thus, it is suitable to use crude glycerin in goats' diet with lower methanol content.

Key words: Alternative food, biodiesel, goat kids, feedlot, weight gain, glycerol

INTRODUÇÃO

Com a crescente produção de biodiesel, deve-se criar alternativas viáveis para destinação dos coprodutos gerados no processo de obtenção. A glicerina, principal coproduto do biodiesel, torna-se uma alternativa interessante na alimentação de caprinos. Ressalta-se ainda que a utilização deste coproduto é uma alternativa correta do ponto de vista ambiental (Borges et al., 2013). Desta forma, é importante avaliar o efeito da inclusão da glicerina bruta na dieta de caprinos sobre o desempenho dos mesmo.

Chanjula et al. (2015), avaliaram o efeito da suplementação dietética de glicerina bruta (0, 5, 10 e 20% na base da matéria seca) sobre o desempenho de caprinos terminados em confinamento, e relataram que a inclusão da glicerina bruta não afetou significativamente o ganho médio diário e a eficiência alimentar. Barros et al. (2015) também verificaram que não houve influência ($P>0,05$) dos níveis de glicerina bruta na dieta sobre o peso corporal final (PCF), ganho médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA) de ovinos terminados em confinamento alimentados com os níveis de glicerina bruta (0; 2,65; 5,33; 8,06 e 10,84% na base da matéria seca).

Santos et al. (2015b) avaliaram o efeito da inclusão da glicerina na dieta de ovinos sobre as bactérias e protozoários associadas a líquidos do ruminal e o potencial de produção in vitro de gases CH_4 e CO_2 de dietas com inclusão de glicerina, e observaram que a inclusão de glicerina não afetou a produção e composição de bactérias e protozoários no líquido do ruminal e que a produção in vitro de gases de CH_4 e CO_2 não se altera com a inclusão de 10% de glicerina bruta na dieta.

A determinação do consumo e da digestibilidade das dietas para animais de produção, são os dois principais objetos para determinação da qualidade das mesmas, uma vez que estas variáveis implicam diretamente no ganho de peso e no quanto é aproveitado dos nutrientes pelos animais, permitindo assim alimentar os animais com maior eficiência. Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a utilização do glicerina bruta na dieta de cabritos mestiços Boer por meio da avaliação do consumo e digestibilidade dos nutrientes, desempenho e parâmetros ruminiais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia pertencente à Universidade Federal da Bahia, localizada no município de São Gonçalo dos Campos – Bahia, durante o período de novembro de 2013 a janeiro de 2014.

Foram utilizados 32 cabritos mestiços Boer, castrados, com peso inicial de 17,8 ± 2,2 kg e idade variando de 3 a 4 meses, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e oito repetições. Os tratamentos corresponderam aos quatro níveis de glicerina bruta (0; 5; 10 e 15 %) com base na MS da dieta (Tabela 1). Os animais foram vacinados e vermifugados contra ecto e endoparasitas no período pré-experimental e alojados em baias individuais, com piso ripado e suspenso, equipadas com bebedouros e cochos de alimentação, de modo que houvesse acesso à vontade à água e às dietas e instaladas em galpão coberto.

Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes e bromatológica das dietas experimentais.

Ingredientes	Níveis de glicerina bruta na dieta (% de MS)			
	0	5	10	15
----- Ingredientes nas dietas (%) -----				
Grão de milho moído	180,00	120,00	60,00	0,00
Farelo de soja	205,00	215,00	225,00	235,00
Glicerina bruta	0,00	50,00	100,00	150,00
Suplemento mineral	15,00	15,00	15,00	15,00
Silagem de Sorgo	600,00	600,00	600,00	600,00
----- Composição bromatológica (%) -----				
Matéria seca	554,60	557,20	559,80	562,30
Matéria orgânica ¹	941,00	937,10	940,80	941,80
Matéria mineral ¹	50,80	52,30	53,90	55,40
Proteína bruta ¹	149,20	149,80	150,50	151,10
Extrato etéreo ¹	31,30	28,40	25,50	22,60
Fibra em detergente neutro ¹	349,40	343,10	336,80	330,50
Fibra em detergente ácido ¹	166,70	166,30	165,90	165,50
Carboidratos não-fibrosos ¹	419,30	426,40	433,30	440,40
Nutrientes digestíveis totais ²	639,80	639,90	639,90	640,00
Metanol ¹	0,00	3,30	6,60	9,90

¹Valor expresso em % da matéria seca. ²Nutrientes digestíveis totais estimados pelas equações descritas em NRC, 2001. *Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da UFBA.

Os cabritos foram mantidos em regime de confinamento durante 69 dias,

precedidos de 15 dias destinados à adaptação às instalações, às dietas e ao manejo diário, e nesta fase receberam silagem de sorgo *ad libitum* como volumoso, e proporções crescentes das rações experimentais.

Os cabritos foram alimentados duas vezes ao dia, sendo fornecida metade às 08h00 e o restante às 16h00 horas, onde era pesada a dieta dos animal individualmente em uma relação volumoso:concentrado de 60:40, e misturados para o fornecimento a fim de minimizar a seleção pelos animais. Utilizou-se como fonte volumosa a silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L). Moench) (Tabela 2). O concentrado foi constituído de grão de milho moído, farelo de soja, suplemento mineral específico para caprinos e glicerina bruta (Tabela 1). As dietas foram formuladas para serem isonitrogenadas (15% de PB) segundo as recomendações do *National Research Council* NRC, (2007), de modo a atender as exigências nutricionais para caprinos com potencial de ganhos de peso médio estimados de 150g/dia. Na tabela 2 observa-se a composição dos ingredientes utilizados na dieta.

Tabela 2. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimental

Item	Ingrediente			
	Silagem de Sorgo	Grão de milho moído	Farelo de soja	Glicerina bruta
Matéria seca	33,55	88,60	87,25	94,00
Matéria orgânica ¹	96,71	98,46	93,52	96,40
Matéria mineral ¹	3,29	1,54	6,48	3,60
Proteína bruta ¹	7,55	6,42	45,03	0,00
Extrato etéreo ¹	3,05	5,15	1,84	0,00
Fibra em detergente neutro ¹	49,03	13,07	15,46	0,00
Fibra em detergente ácido ¹	26,16	1,30	3,63	0,00
Carboidratos não fibrosos ¹	57,90	73,82	31,19	83,01
Nutrientes digestíveis totais ¹	55,00	81,07	80,11	81,30
Glicerol	0,00	0,00	0,00	43,4
Metanol	0,00	0,00	0,00	6,6

¹Valor expresso em % da matéria seca.

Durante o período experimental foram coletadas semanalmente amostras do fornecido e das sobras, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer a -20°C. Após o descongelamento, amostras dos ingredientes e as sobras foram submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas. Em seguida, trituradas em moinhos de faca tipo *Willey*

com peneira de 1 mm, armazenadas em frascos plásticos com tampa, etiquetados e prontas para as análises laboratoriais.

Amostras compostas dos ingredientes, das dietas e das sobras para cada unidade experimental, representada pelo animal, referente a cada período experimental, foram congeladas para posteriores análises. Nos alimentos determinou-se a composição em matéria seca (método 930,15; AOAC, 2000), matéria orgânica (método 932,05; AOAC, 2000), cinzas (método 942,05; AOAC, 2000), proteína bruta ($N \times 6,25$; método 984,13; AOAC, 2000) e extrato etéreo (método 973,18; AOAC, 2000), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), utilizou-se metodologia descrita por Mertens (2002). As sobras e as fezes foram analisadas para determinação de MS, MO, PB, EE, cinzas, FDN, CNF e NDT.

A porcentagem de carboidratos não-estruturais (CNF) foi calculada da equação: $CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinzas + \%FDN)$ de acordo com Sniffen et al. (1992). Para quantificação do valor de energia das dietas, utilizaram-se os dados da digestibilidade aparente obtidos no experimento, aplicando-se a equação proposta pelo NRC (2001):

$$NDT (\%) = CNFd + PBd + (EEd * 2,25) + FDNd$$

Em que “d” representa a digestibilidade, NDT (g/kg) = Nutrientes digestíveis totais, PBd= Proteína bruta digestível; EEd=Extrato etéreo digestível; CNFd =carboidratos não fibrosos digestíveis; FDNd= fibra em detergente neutro digestível.

O consumo individual dos cabritos foi avaliado subtraindo-se as sobras da quantidade de dieta ofertada para cada animal. Dessa forma, foram avaliados os consumos de MS, MO, PB, EE, FDN, CNF e NDT, expressos em grama/animal/dia (g/dia). A composição química do alimento, efetivamente consumido, foi obtida por meio da divisão do consumo de cada nutriente pelo consumo de MS e o quociente foi então multiplicado por 100. Os valores relativos ao consumo de MS e FDN foram expressos também em g/kg do peso vivo (PV) e g/kg de peso metabólico ou $g/kg PV^{0,75}$.

O ensaio de digestibilidade, realizado entre o 38° e 42° dia do confinamento, foi procedido nos 32 cabritos, adotando-se o método de coleta total de fezes. Assim, os três primeiros dias foram destinados à adaptação dos animais às bolsas coletoras seguido de dois dias subsequentes de coleta total de fezes seguindo técnica disposta por Carvalho et al., (2010). Após ter sido registrada a produção total de fezes de cada animal foram

retiradas alíquotas de aproximadamente 10% do total coletado, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos individuais identificados e armazenadas em freezer.

Durante o ensaio de digestibilidade foram coletadas amostras dos alimentos fornecidos que também foram acondicionados em sacos plásticos, que foram submetidas à pré-secagem em estufa com circulação forçada a 55°C por 72 horas. Em seguida, realizou-se a moagem em moinho tipo *Willey* com peneira de 1 mm e foram elaboradas amostras compostas por animal, devidamente acondicionadas em frascos plásticos identificados para posteriores análises laboratoriais. Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, carboidratos não-fibrosos foram calculados a partir da equação:

$$CD = [(kg \text{ da fração ingerida} - kg \text{ da fração excretada}) / (kg \text{ da fração ingerida})] \times 100$$

Diariamente, às 07:00 horas da manhã, antes do fornecimento da refeição matutina, as sobras foram recolhidas e pesadas em balança digital para determinação do consumo de matéria seca. Dessa forma, o consumo de matéria seca foi obtido através do ajuste da quantidade de ração ofertada aos cabritos de modo a permitir entre 5 e 10 % de sobras.

O desempenho dos cabritos foi calculado por meio da pesagem individual dos animais, as quais foram realizadas no início do experimento e ao final para a obtenção do ganho total (GT) o qual foi calculado pela diferença do peso inicial e final e posteriormente dividido pelos número de dias de experimento (69 dias) para obtenção do ganho médio diário (GMD) sendo expresso em kg de PV ganho. As pesagens foram realizadas sempre pela manhã, após o período de jejum de sólidos de aproximadamente 16 horas, tendo em vista que as rações retiradas na tarde as 16 horas do dia anterior. A conversão alimentar (CA) foi calculada em função do consumo e do desempenho animal, conforme a equação: $CA = (CMS/GMD)$. CMS = consumo de matéria seca (kg MS dia⁻¹) e GMD = ganho médio diário (kg dia⁻¹) e expresso em kg MS consumida/ kg de PV ganho. Já a eficiência alimentar (EA) foi calculada inversamente a CA, sendo uma razão direta entre o GMD e o CMS e expresso em kg de PV ganho / kg MS consumida.

Para as análises dos parâmetros ruminais foram utilizados oito caprinos também mestiços Boer fistulados, com peso vivo médio de aproximadamente 40 kg e escore

corporal 3, confinados em baias individuais com piso ripado de madeira. Os animais foram distribuídos em dois quadrados latinos balanceados 4×4 para avaliação dos efeitos da utilização da glicerina bruta. Os tratamentos corresponderam aos quatro níveis de glicerina bruta (0; 5; 10; e 15 %) com base na MS da dieta (Tabela 1).

O experimento foi constituído de quatro períodos experimentais, cada um com 15 dias de duração: os dez primeiros de adaptação e os cinco dias restantes de coletas de dados. Com acesso à vontade ao alimento e à água, as caprinos foram alimentadas às 8 e às 16 h, em quantidade suficiente para garantir 10% de sobras.

No 14^o dia de cada período experimental, foram realizadas coletas de líquido ruminal, visando à determinação do pH, nitrogênio amoniacal (N-NH₃), proteína microbiana e concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), tomando como tempos os horários de 0, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 horas do dia, e coincidindo com horário antes do fornecimento da dieta pela manhã a coleta de 8 horas. O pH foi determinado imediatamente após a retirada de uma amostra do líquido no rúmen do animal, utilizando-se potenciômetro digital portátil (HANNA, modelo HI 96108).

Para análises dos teores de nitrogênio amoniacal, proteína microbiana e AGCC, amostras de fluido ruminal, coletadas nos mesmos horários da medição do pH, foram filtradas em quatro camadas de gaze e colocadas em tubos eppendorf de 2,0 ml e congelados para posteriores análises. No laboratório, o material foi descongelado e centrifugado, em centrífuga (HETTICH, modelo Mikro 200), a 5200 x g por 10 minutos, retirando-se o sobrenadante. 0,5 mL do sobrenadante foi colocado em tubo eppendorf de 1,0 mL, adicionando-se 0,5 mL de solução de ácido metafosfórico 25% para análise de AGCC e o restante do sobrenadante foi colocado em outro tubo eppendorf para análise de NH₃, aos quais foram mantidas a -20°C para posteriores análises. O sedimento bacteriano (*pellet*), resultante da centrifugação do líquido ruminal, foi submetido a duas sucessivas ressuspensões e centrifugações em solução de NaCl a 0,9% (p/v), e, em seguida, uma alíquota de 1,5 mL foi armazenada a -20°C para posterior análise de proteína microbiana.

A concentração de nitrogênio amoniacal foi determinada através do método colorimétrico de Chaney & Marbach (1962) e a concentração de proteína microbiana pelo método de Bradford (1976), utilizando-se de aparelho espectrofotômetro (BIOSPECTRO, modelo SP-22). As análises dos ácidos acético, propionico e butírico

foram realizadas em HPLC (Cromatografia Líquida de Alto desempenho), marca SHIMADZU, modelo SPD-10A VP acoplado ao Detector Ultra Violeta (UV), utilizando-se um comprimento de ondas: 210 nm.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão. Todos os dados foram analisados utilizando o procedimento GLM do SAS. A escolha das equações de regressão baseou-se no coeficiente de determinação e na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t, adotando-se $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os consumos de matéria seca (CMS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE), fibra em detergente neutro (CFDN), carboidratos não fibrosos (CCNF) e de nutrientes digestíveis totais (CNDT) dos animais em confinamento foram afetados ($P < 0,05$) de forma linear negativa pela inclusão de glicerina bruta (Tabela 3). O decréscimo do consumo de MS observado no presente estudo está semelhante ao encontrado por Barros et al. (2015), que estudaram com níveis de inclusão de até 10,84% de glicerina bruta na dieta para ovinos, e por Lage et al. (2014), que trabalharam com níveis de inclusão da glicerina (0, 3, 6, 9 e 12%) em dietas de ovinos em confinamento. Por outro lado, Chanjula et al. (2015) trabalharam com dietas contendo até 20% de inclusão da glicerina bruta substituindo o milho grão na dieta, relataram que não houve efeito da glicerina sobre o consumo de matéria seca em caprinos mestiços Anglo Nubiano em terminação.

Os teores de glicerol e metanol de 43,4% e 6,6%, respectivamente, contidos na glicerina bruta utilizada no presente estudo foram próximos aos utilizados por Lage et al. (2014) que foram de 46,48% de glicerol e 8,66% de metanol, assim como também aos de Barros et al. (2015), que apresentaram 43,9% de glicerol e 6% de metanol, indicando que a glicerina bruta com algum destes teores elevados componentes podem causar rejeição do alimento e, conseqüentemente, redução no CMS por pequenos ruminantes. Entretanto a glicerina bruta utilizada por Chanjula et al. (2015) na alimentação de caprinos, foi produzido a partir de óleo de palma e continha 87,61% de glicerol, 1,24% de sódio, 0,64% de metanol, e o mesmo não proporcionou inibição do

consumo, pelo contrário, os mesmo observaram melhoria do consumo e do ganho de peso. Vale salientar que os mesmo utilizaram até 20% de glicerina na dieta total. Dessa forma, demonstrando que o potencial problema para restrição do consumo por parte dos pequenos ruminantes pode ser o metanol e não o glicerol, que este por sua vez é facilmente absorvido diretamente pelo epitélio ruminal, metabolizado no fígado e direcionado para a gliconeogênese pela ação da enzima glicerol quinase, que o converte em glicose (Krehbiel, 2008).

Tabela 3. Consumo diário de matéria seca e nutrientes das rações pelos caprinos mestiços Boer em terminação alimentados com dietas contendo glicerina bruta

Item	Níveis de glicerina na dieta (%)				EPM ¹	Valor-P*	
	0	5	10	15		L ²	Q ³
Consumo em g/dia							
CMS	826,52	733,48	713,50	608,01	27,4008	0,0023	0,8900
CMO	792,60	703,57	683,37	580,71	26,3485	0,0021	0,8743
CPB	109,60	104,57	95,66	85,48	3,5613	0,0056	0,6742
CEE	21,57	16,56	14,03	8,92	0,9990	<0,0001	0,9597
CFDN	299,39	278,08	272,23	201,93	11,5132	0,0024	0,1652
CCNF	361,99	312,50	301,45	284,38	10,1125	0,0029	0,5752
CNDT	587,80	512,13	491,86	396,77	19,6484	0,0031	0,6852
Consumo em g/kg PV ^{0,75}							
MS	71,43	65,31	64,01	57,72	16,83	0,0024	0,6056
FDN	25,88	24,76	24,42	19,17	17,86	0,0035	0,7647
Consumo em %PC							
MS	3,16	2,92	2,87	2,63	16,78	0,0019	0,7233
FDN	1,14	1,11	1,09	0,87	17,76	0,0022	0,0895
Equações de regressão							
CMS (g/dia)	$\hat{Y} = 821,7073 - 13,5107X$				$R^2 = 0,95$		
CMO (g/dia)	$\hat{Y} = 788,4402 - 13,1171X$				$R^2 = 0,95$		
CPB (g/dia)	$\hat{Y} = 111,0474 - 1,6280X$				$R^2 = 0,98$		
CEE (g/dia)	$\hat{Y} = 21,3470 - 0,8101X$				$R^2 = 0,98$		
CFDN (g/dia)	$\hat{Y} = 307,6433 - 5,9647X$				$R^2 = 0,83$		
CCNF (g/dia)	$\hat{Y} = 376,04 - 24,386X$				$R^2 = 0,92$		
CNDT (g/dia)	$\hat{Y} = 645,48 - 59,336X$				$R^2 = 0,95$		
CMS (g/kg PV ^{0,75})	$\hat{Y} = 75,225 - 4,243X$				$R^2 = 0,95$		
CFDN (g/kg PV ^{0,75})	$\hat{Y} = 28,675 - 2,047X$				$R^2 = 0,78$		
CMS (%PV)	$\hat{Y} = 3,305 - 0,164X$				$R^2 = 0,95$		
CFDN (%PV)	$\hat{Y} = 1,26 - 0,083X$				$R^2 = 0,75$		

¹EPM = erro padrão da média. L² = Significância para efeito linear. Q³ = Significância para efeito quadrático. Valor-P* = probabilidade significativa ao nível de 5%. Consumo de matéria seca (CMS), consumo matéria orgânica (CMO), consumo proteína bruta (CPB), consumo extrato etéreo (CEE), consumo fibra em detergente neutro (CFDN), consumo dos carboidratos não fibrosos (CCNF) e consumo de nutrientes digestíveis totais. Consumo de matéria seca em peso vivo metabólico (CMS em g/kg PV^{0,75}), Consumo de fibra em detergente neutro em peso vivo metabólico (CFDN em g/kg PV^{0,75}), Consumo de matéria seca em % de peso vivo (CMS %PC), Consumo de fibra em detergente neutro em % de peso vivo (CFDN %PC).

Os CMO, CPB, CEE, CFDN, CCNF e CNDT também apresentaram efeito linear decrescente ($P < 0,05$), estes resultados podem ser explicados pelo decréscimo no CMS pelos animais, diminuindo conseqüentemente os teores dos demais nutrientes (Tabela 3), uma vez que as dietas apresentaram composição bromatológica semelhante (Tabela 1). No presente trabalho, o CMS variou de 826 g/dia (dieta controle) a 608 g/dia (dieta com 15% de glicerina bruta), demonstrando a rejeição dos animais as dietas com níveis crescentes de glicerina, estando relacionado a alguma característica da glicerina, como talvez o metanol contido na mesma.

Os caprinos apresentaram maior redução do consumo de EE, quando comparados com o consumo dos demais nutrientes, fato este que pode ser observado na Tabela 3. Comparando com a MS que apresentou uma redução de cerca de 26,5% com a inclusão de 15% glicerina bruta, quando comparado com o tratamento sem a inclusão de glicerina, enquanto que para o EE houve uma redução em torno de 59% com a adição de 15% de glicerina bruta em relação ao tratamento controle. Ocorrido este, que pode ser explicado pela diminuição do teor de EE apresentada na composição das dietas, com a inclusão da glicerina bruta (Tabela 1), desta forma com a menor disponibilidade do nutriente também houve menor consumo do mesmo.

Outros fatores que podem limitar o consumo da glicerina oriunda do biodiesel são os sais e as impurezas contidas nos óleos reciclados e nos reagentes usados na transesterificação (Gunn et al., 2010). Estes mesmos pesquisadores constataram a redução no consumos de ovinos alimentados com a inclusão de até 40% de glicerina contendo 5,38% de Na, e atribuíram à esse elevado teor de sódio contido na mesma. Doppenberg e Van Der Aar (2007) relataram que o uso de hidróxido de sódio normalmente utilizado como catalisador na transesterificação pode se combinar com ácido clorídrico, aumentando o conteúdo de cloreto de sódio na glicerina, podendo ultrapassar 6%. Dessa forma restringe a utilização da mesma na alimentação animal. Entretanto, a redução do consumo de MS e nutrientes pelos animais no presente estudo provavelmente não está relacionada com a quantidade de sal contida na glicerina, tendo em vista que a mesma tinha apenas 1,3% de Na, não sendo quantidade excessiva para acarretar essa redução, como já relatado anteriormente a glicerina utilizada por Chanjula et al. (2015) continha 1,24% de sódio e não ocasionou redução alguma do consumo das dietas avaliadas pelos mesmos.

O CMS e CFDN expressos em g/kg PV^{0,75}, e CMS e CFDN expressos em %PC também apresentaram mesmo efeito (P<0,05) observado nas variáveis anteriores (Tabela 3), e que podem estar relacionados ao teor de metanol contido nas dietas com maiores quantidade de glicerina bruta.

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB) e carboidratos não fibrosos (CDCNF) dos cabritos em confinamento não foram afetados (P>0,05) pela inclusão de glicerina bruta (Tabela 4). A semelhança dos teores dos nutrientes contidos nas dietas pode explicar a ausência de diferença na digestibilidade destes nutrientes entre dietas e que a inclusão da glicerina bruta não promoveu alteração na digestibilidade das dietas. Resultados semelhantes foram observados por Chanjula et al. (2014) que avaliaram a inclusão de até 20% de glicerina bruta na dieta, substituindo o milho grão para caprinos mestiços Anglo Nubiano em terminação, que não houve efeito sobre a digestibilidade da MS, MO e PB com a inclusão dos níveis de glicerina na dieta.

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade das frações nutricionais (%) de caprinos mestiços Boer em terminação alimentados com dietas contendo glicerina bruta

Item	Níveis de glicerina na dieta (%)				EPM ¹	Valor-P*	
	0	5	10	15		L ²	Q ³
	Digestibilidade (%)						
CDMS	69,77	69,04	68,19	65,05	0,9002	0,0734	0,3663
CDMO	71,34	70,65	70,09	66,23	0,8618	0,0843	0,3380
CDPB	67,13	70,32	69,01	67,23	0,8451	0,3141	0,0882
CDEE	76,46	62,91	56,32	38,27	3,2632	<0,0001	0,3096
CDFDN	58,64	60,36	58,39	51,55	1,3891	0,0161	0,0425
CDCNF	82,77	80,54	81,61	81,40	0,5670	0,2245	0,5437
	Equações de regressão						
CDEE	$\hat{Y} = 77,6217 - 2,7100X$				$R^2 = 0,95$		
CDFDN	$\hat{Y} = 58,5832 + 0,8184X - 0,0856X^2$				$R^2 = 0,99$		

¹EPM = Coeficiente de variação. L² = Significância para efeito linear. Q³ = Significância para efeito quadrático. Valor-P* = probabilidade significativa ao nível de 5%. Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), Coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica (CDMO), Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), Coeficiente de digestibilidade da extrato etéreo (CDEE), Coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro (CDFDN), Coeficiente de digestibilidade dos carboidratos não fibrosos (CDCNF).

O coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE) apresentou efeito (P<0,05) linear decrescente com o aumento dos níveis de glicerina (Tabela 4). Resultado que está relacionado a composição química das dietas avaliadas, que apresentou decréscimo do teor do EE na MS das rações com a inclusão da glicerina

bruta. Essa variação na digestibilidade do EE pode também estar ligada a uma maior preferência pelos microrganismos em aproveitar o glicerol por estar presente em maior quantidade e desta forma os microrganismos responsáveis pela digestão dos lipídeos não tiveram condições favoráveis pra seu desenvolvimento pelo.

Para o coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro (CDFDN) houve efeito quadrático ($P < 0,05$), estimando-se o nível de 4,78% de GB para a digestibilidade máxima de 60,54% (Tabela 4). Esse efeito é explicado pelo fato de a inclusão de pequenas doses de glicerina possivelmente proporcionar o estímulo do crescimento de alguns grupos microbianos facultativos de bactérias fibrolíticas através do glicerol e desta forma estimular a digestão da fibra, entretanto quando em maiores quantidades pode proporcionar um excesso de energia prontamente disponível e desta forma acarretar numa menor utilização da fibra. Abo El-Nor et al. (2010), analisando “in vitro” as doses de 0, 36, 72 e 108 g de glicerol/kg de matéria seca observaram diminuição na digestibilidade da FDN nos dois tratamentos com maior concentração de glicerina, corroborando com os dados encontrados no presente trabalho.

Essa queda na digestibilidade da fibra é resultado da redução de determinados grupos microbianos, como é o caso das bactérias da espécie *Butyrivibrio fibrisolvens* (fibrolítica). Diminuição está que foi observada por Abughazaleh et al. (2011), estes autores, ao testarem níveis de inclusão da glicerina bruta (0, 15, 30 e 45%) na dieta, verificaram redução do DNA destas bactérias quando maiores níveis de glicerina bruta foram adicionados à dieta, reduzindo assim a digestibilidade da fibra. Redução que está associada ao aumento da glicose. Piwonka & Firkins (1993) demonstraram que a adição de glicose ao início do período de 72 horas de fermentação reduziu a taxa de digestão da fibra em detergente neutro (FDN) e a atividade da carboximetilcelulase, mesmo com o pH da cultura mantido acima de 6,2. Dessa forma explicação a redução, tendo em vista que o glicerol é convertido em glicose por bactérias, como por exemplo a *Acetobacter parterianus*, que metaboliza glicerol via enzima glicerol quinase (Azuma et al., 2009).

O peso final (PF) dos animais assim como o ganho de peso total (GT) e o ganho de peso médio diário (GMD) apresentaram efeito linear decrescente ($P < 0,05$) à medida que os níveis de glicerina bruta aumentaram nas dietas (Tabela 5). Decréscimo esse esperado, tendo em vista que a inclusão da glicerina bruta nas dietas provocou uma redução acentuada no consumo e discreta na digestibilidade de alguns nutrientes, o que

acarretou num menor ganho de peso diário e conseqüentemente menor GT e PF desse animais alimentados com glicerina bruta.

Tabela 5. Médias do peso inicial (PI), peso final (PF), ganho de peso total (GT), ganho de peso médio diário (GMD), conversão alimentar (CA) e eficiência alimentar (EA) de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta

Item	Níveis de glicerina na dieta (%)				p ²	EPM ¹
	0	5	10	15		
PI (kg)	17,75	17,91	17,92	17,62	-	-
PF (kg)	26,17	25,15	24,90	23,09	0,0163	0,5922
GT (kg)	8,42	7,24	6,98	5,33	0,0151	0,3393
GMD (g/dia)	122	104,89	101,14	87,06	0,0147	0,0049
CA (kg/kg)	6,30	6,36	6,84	6,83	0,5331	0,3495
EA (kg/kg)	0,166	0,165	0,160	0,160	0,6886	0,0078
Equações de regressão						
PF (kg)	$\hat{Y} = 26,1367 - 0,1560X$			$R^2 = 0,95$		
GT (kg)	$\hat{Y} = 8,2831 - 0,1498X$			$R^2 = 0,95$		
GMD (g/dia)	$\hat{Y} = 120,0500 - 2,1780X$			$R^2 = 0,95$		

¹EPM = Erro padrão da média. p² = probabilidade significativa ao nível de 5%.

Como exposto anteriormente, provavelmente este decréscimo está relacionado ao teor de metanol contido no glicerina bruta utilizada no presente estudo, que mesmo contendo alta quantidade de energia, não é aproveitada uma vez que há inibição do consumo da dieta. Oliveira, (2013), avaliando o consumo da matéria seca e dos nutrientes de cordeiros alimentados com 10% ou sem a inclusão glicerina, observou redução no consumo da MS e associou ao metanol contido na mesma. Portanto, animais que recebem maiores níveis de glicerina bruta com elevado teor de metanol na dieta, apresentaram consumo inferior, o que resulta em menor GMD à medida que aumenta os níveis de glicerina bruta com composição similar a esta e conseqüentemente atingindo menores GT e PF.

Para as variáveis Conversão alimentar (CA) e Eficiência alimentar (EA) não houve diferença significativa entre os níveis de glicerina bruta utilizados, apresentando valores médios de 6,58 (kg/kg) e 0,163 (kg/kg), respectivamente para CA e EA. Resultados semelhantes de CA foram encontrados por Santos et al. (2015a), avaliando a inclusão de até 12% de glicerina bruta na alimentação de cabritos mestiços Boer terminados em confinamento, não havendo queda no consumo e ganho de peso com aumento da inclusão de glicerina bruta na dieta. Já Chanjula et al. (2015) avaliando a inclusão de até 20% de glicerina na dieta de caprinos mestiços Anglo Nubiano,

encontraram valores semelhantes aos do presente estudo para a variável EA, com média de 0,160 kg/kg, que mesmo apresentando melhoria no consumo e ganho de peso, apresentaram valores parecidos entre as doses testada. Demonstrando que a glicerina apenas interfere no consumo dos caprinos, entretanto não altera a conversão e a eficiência das dietas contendo o mesmo. Isso sugere que a utilização de glicerina em dietas de caprinos confinados interfere no desempenho, mas o fato de não diminuir a eficiência alimentar, sugere que haja um menor custo com alimentação, o que pode permitir o uso em níveis intermediários.

Carvalho (2015), avaliando o efeito da inclusão de glicerina bruta até o nível 30% em dieta de cordeiros Santa Inês confinados sobre o consumo de MS e nutrientes e desempenho, também não observou efeito significativo para a variável eficiência alimentar. Estes resultados demonstram que a glicerina bruta tem potencial para ser utilizada na alimentação de pequenos ruminantes, principalmente por apresentar custo de aquisição menor que o milho em regiões produtoras do biodiesel e desta forma minimizar os custos com a produção, entretanto, alguns aspectos devem ser observados, como os teores de sódio e metanol, necessitando assim de mais pesquisas sobre tal assunto.

A adição dos níveis de glicerina bruta aumentou linearmente ($P < 0,05$) o pH ruminal, com variação de 6,27 a 6,49, para as dietas com 0 e 15% de glicerina bruta (Tabela 6).

Tabela 6. Parâmetros de fermentação ruminal de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta

Variáveis/hora	Níveis de inclusão de glicerina bruta (%)				EPM ¹	Valor-P*	
	0	5	10	15		Lin ²	Qua ³
pH Ruminal	6,27	6,34	6,42	6,49	0,0284	<0,001	0,961
Nitrogênio amoniacal (mg/dL)	26,17	23,06	20,70	19,02	1,2057	<0,001	0,151
Proteína Microbiana (mg/dL)	369,31	357,48	332,53	322,18	19,4133	0,044	0,974
Acetato (% mol)	67,00	64,32	64,36	64,11	0,5438	0,058	0,123
Propionato (% mol)	25,76	28,24	28,26	28,40	0,4905	0,068	0,114
Butirato (% mol)	7,24	7,44	7,38	7,49	0,0939	0,383	0,762
AGCC Total (mol/L)	146,35	142,06	142,61	140,63	1,8588	0,238	0,723
Acetato:propionato	2,74	2,35	2,35	2,34	0,0664	0,067	0,086
Equações de regressão							
pH Ruminal	$\hat{Y} = 6,1968 + 0,0728X$			$R^2 = 0,99$			
Nitrogênio amoniacal (mg/dL)	$\hat{Y} = 27,1081 - 1,7330X$			$R^2 = 0,81$			
Proteína Microbiana (mg/dL)	$\hat{Y} = 38,6950 - 1,6635X$			$R^2 = 0,97$			

¹EPM = Erro padrão da média. ²Significância para efeito linear. ³Significância para efeito quadrático. 0h = antes da alimentação da manhã. 4h = 4 horas após fornecimento da alimentação da manhã. PMR = Proteína microbiana ruminal. NH₃ = Amônia ruminal. mg/dL = miligrama por decilitro. g/dL = grama por decilitro. Valor-P* = probabilidade significativa ao nível de 5%.

Estes resultados podem ser devido ao decréscimo no fornecimento de amido como a inclusão da glicerina bruta, tendo em vista que o consumo de dietas de alta fermentabilidade acarretam num pH ruminal mais ácido que o fisiologicamente observado em animais com baixo aporte energético, como é o caso do amido que é altamente fermentável pelas bactérias amilolíticas, e a medida que foi retirado das dietas também foi diminuindo essa população de microrganismos e, conseqüentemente, diminuindo a acidificação ruminal. Já que a glicerina bruta possui em sua maior parte glicerol, e este, em ruminantes é absorvido em sua maior parte diretamente pelo epitélio ruminal, metabolizado no fígado e direcionado para a gliconeogênese (Krehbiel, 2008).

Os pHs encontrados no presente estão de acordo com o preconizado por Van Soest (1994), que relatou que a faixa de pH ideal para o bom desenvolvimento da atividade microbiana ruminal é entre 6,2 a 7,2. Nesse experimento foi observado apenas os valores de pH dos tratamentos com 0% e 5% de glicerina bruta no horário após a alimentação da tarde abaixo de 6,0 (Figura 1). A redução do pH após a alimentação ocorre em razão da grande quantidade de carboidratos rapidamente fermentáveis e que proporcionam rápido desenvolvimento de determinados grupos microbianos como por exemplo proteolíticas, amilolíticas entre outras. Comportamento este que pode-se observar no pH em função do horário de alimentação.

Antes da primeira alimentação a média dos tratamentos era 6,84 e 4 horas após a ingestão o pH baixou para 6,16, em função do pico de fermentação que ocorre aproximadamente nesse horário. Em seguida o pH voltou a subir, com valor médio de 6,40 às 16 horas, momentos antes da alimentação da tarde. O valor de pH voltou a descer após a alimentação da tarde, seguindo o comportamento semelhante ao ocorrido após a alimentação pela manhã como era esperado, e atingindo o menor valor observado durante todo o dia com a média de 6,03 às 20 horas, o que pode ser explicado pelo fato que, mais uma vez com o fornecimento de substratos de alta fermentação após a alimentação da tarde o ambiente ruminal apresentou o segundo pico fermentação no dia, e que os valores de pH já partiram de um valor menor antes da alimentação, tendo em

vista que os mesmos ainda não tinham recuperado do primeiro pico. Posteriormente o valores de pH subiram até as 8 horas novamente.

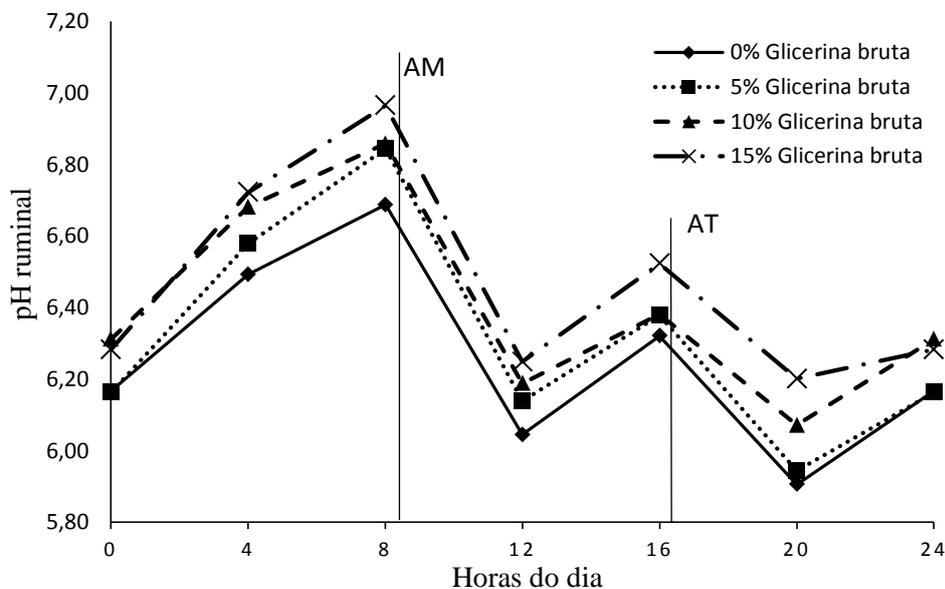


Figura 1. pH ruminal de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta em função do tempo durante as horas do dia. AM = Horário da alimentação pela manhã. AT = Horário da alimentação pela tarde.

A concentração média de nitrogênio amoniacal no rúmen apresentou efeito linear decrescente com o aumento dos níveis de inclusão da glicerina bruta nas dietas ($P < 0,05$). O tratamento com menores concentrações foi o de 15% de inclusão de glicerina bruta (19,02 mg/dL) e as maiores médias apresentadas no tratamento 0% (26,17 mg/dL). A diminuição da concentração de amônia pode ser explicada pela redução da atividade proteolítica provocada pelo glicerol. Paggi et al. (1999) observaram, *in vitro*, que ao utilizar níveis 300mM de glicerol verificaram redução de até 20% nessa atividade. Quando dissolvido no rúmen, o glicerol dificulta a proteólise, pois não possui cadeia hidrofóbica em sua molécula. O que em caso de animais de alta produção pode ser benéfico, visto que há maior fluxo de proteína de alta qualidade diretamente para o intestino delgado (Wang et al., 2009).

Os resultados de nitrogênio amoniacal encontrados no presente trabalho foram todos superiores a 5 mg/dL, considerado o nível mínimo de nitrogênio amoniacal ruminal requerido para manutenção das funções normais do rúmen (Satter & Styler, 1974). Da mesma forma, os valores encontrados de nitrogênio amoniacal neste experimento estão próximos aos recomendados por Mehrez et al. (1977), os quais

sugeriram que a máxima atividade fermentativa ocorreria em concentrações de nitrogênio amoniacal ruminal de 19 a 23 mg/dL de líquido ruminal.

Houve efeito linear ($P < 0,05$) da proteína microbiana ruminal em função dos níveis de glicerina bruta na dieta. Assim como o nitrogênio amoniacal, o tratamento com menores concentrações foi o de 15% de inclusão de glicerina (322,18 mg/dL) e as maiores médias apresentadas no tratamento 0% (369,31 mg/dL). A dieta sem a inclusão de glicerina bruta pode ter aumentado a disponibilidade de energia para o desenvolvimento dos microrganismos ruminais, resultando em elevada quantidade de proteína microbiana quando comparada as demais dietas, isto pode estar associado ao fato que com inclusão da glicerina nas dietas, houve uma redução das quantidades de amido e conseqüentemente redução da população amilolítica e de outras populações fermentadoras de carboidratos não estruturais, além do fato que, pouco pode ser utilizado o glicerol, como relatado anteriormente, um vez que o mesmo é de fácil absorção pelo epitélio ruminal, e pequena parte é aproveitada pelos microrganismos ruminais. De acordo com Krehbiel (2008) a porção não absorvida do glicerol pelo epitélio ruminal é fermentada a propionato e que as *Selenomonas spp.* são as principais responsáveis por essa fermentação.

Na Figura 2 pode-se observar melhor o efeito do nitrogênio amoniacal e da proteína microbiana no fluido ruminal de caprinos mestiços Boer submetidos a dietas com glicerina bruta, em que a medida que foi aumentando a inclusão de glicerina houve o decréscimo dessas variáveis como foi relatado anteriormente.

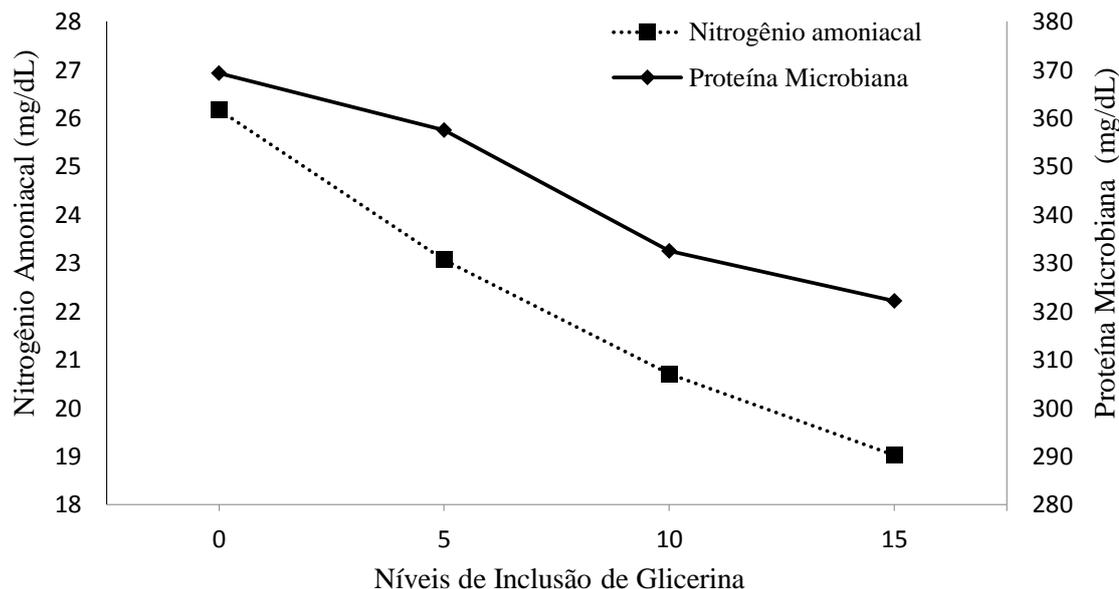


Figura 2. Concentração de nitrogênio amoniacal e proteína microbiana no fluido ruminal de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta

A concentração total de AGCC, proporção molar individual e a relação acetato:propionato (A:P) no líquido ruminal dos cabritos não foram influenciadas ($P > 0,05$) pelos níveis de glicerina bruta nas dietas (Tabela 5). Apesar de não haver ajuste de modelos, observou-se uma redução em valores numéricos quanto a concentração total de AGCC, proporção molar do acetato e da relação acetato:propionato e um aumento na proporção molar de propionato a partir da inclusão de 15% de glicerina bruta na dieta. Chanjula et al. (2016), corroborando com o presente trabalho observaram que com a inclusão da glicerina nas dietas resultou em menor concentração total de AGCC, acetato e da relação A:P quando comparada com dietas sem a inclusão de glicerina bruta, e também observaram aumento dos valores de propionato.

Como relatado anteriormente, as dietas com inclusão de glicerina bruta acarretaram por consequência na redução dos teores de amido, acarretando assim na redução dos teores de acetato em valores numéricos, tendo em vista que dietas com maiores teores de grãos geram maior produção de acetato. A redução do acetato acarretou na redução do total de AGCC, pois como o glicerol fornecido pela glicerina bruta proporcionou um ligeiro aumento nos teores de propionato, tendo em vista que a maior parte do glicerol é absorvido pelo epitélio ruminal e apenas uma reduzida quantidade é utilizada pelas bactérias e assim proporcionaram o leve incremento na

produção de propionato. Aumento esse que não foi suficiente para manter os teores do total de AGCC, mais foi o suficiente para alterar a relação A:P, já que o acetato tinha tido uma pequena redução.

CONCLUSÕES

A inclusão de glicerina bruta com cerca de 6,6% de metanol acarreta na redução do consumo e ganho de peso dos caprinos mestiços Boer à medida que é acrescida nas dietas, entretanto não altera a digestibilidade dos nutrientes, a conversão e eficiência alimentar e os parâmetros ruminais. Sendo aconselhável a utilização da glicerina bruta na dieta de caprinos com menor teor de metanol, por este ser um álcool muito nocivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABO EL-NOR, S.; ABUGHAZALEHA, A.A.; POTUA, R.B.; et al. Effects of differing levels of glycerol on rumen fermentation and bacteria. **Animal Feed Science and Technology**, 2010.

ABUGHAZALEH, A.A.; ABO EL-NOR, S.; IBRAHIM, S.A. The effect of replacing corn with glycerol on ruminal bacteria in continuous culture fermenters. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.95, p.313-319, 2011.

AOAC International. 2000. **Official methods of analysis of AOAC International**. 17th edition. Gaithersburg, MD, USA, Association of Analytical Communities.

AZUMA, Y.; et al. Whole-genome analyses reveal genetic instability of *Acetobacter pasteurianus*. **Nucleic Acids Research**, v.37, n.17, p.5768 – 5783, 2009.

BARROS, M. C. C.; MARQUES, J. A.; SILVA, F. F.; SILVA, R. R.; GUIMARÃES, G. S.; SILVA, L. L.; ARAÚJO, F. L. Glicerina bruta na dieta de ovinos confinados: consumo, digestibilidade, desempenho, medidas morfométricas da carcaça e características da carne. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.1, p.453-466, 2015. DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n1p453

BORGES, G.D.S., MACEDO, V.P., MAEDA, E.M., SILVEIRA, A.L.F., LUZ, P. A.S. Influência da substituição do milho por glicerina bruta no consumo de caprinos de corte. **Synergismus scyentifica**, UTFPR, Pato Branco, 2013.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Anal Biochemical**, v.72, p.248-254, 1976.

CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; SILVA, R. R.; RIBEIRO, L. S. O.; CHAGAS, D. M. T.; PINHO, B. D.; DOMICIANO, E. M. B. Consumo, digestibilidade aparente e dias de coleta total na estimativa da digestibilidade em caprinos alimentados com dietas contendo cana-de açúcar tratada com óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2714-2723, 2010.

CARVALHO, V.B. **Glicerina bruta substituindo o milho em dietas de baixo amido na terminação de cordeiros**. Tese (Doutorado). UEP-FCAV Jaboticabal, p.78, 2015.

CHANEY, A.L., MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, v.8, p.130-132, 1962.

CHANJULA, P.; PAKDEECHANUAN, P.; WATTANASIT, S. Effects of Dietary Crude Glycerin Supplementation on Nutrient Digestibility, Ruminal Fermentation, Blood Metabolites, and Nitrogen Balance of Goats. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**. Vol.27, n.3, p.365-374, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2013.13494>

CHANJULA, P.; PAKDEECHANUAN, P.; WATTANASIT, S. Effects of feeding crude glycerin on feedlot performance and carcass characteristics in finishing goats. **Small Ruminant Research**, vol.123, p.95–102, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.11.011>

CHANJULA, P.; PONGPRAYOON, S.; KONGPAN, S.; CHERDTHONG, A. Effects of crude glycerin from waste vegetable oil supplementation on feed intake, ruminal fermentation characteristics, and nitrogen utilization of goats. **Tropical Animal Health and Production**, v.48, p.995–1004, 2016. DOI: 10.1007/s11250-016-1047-0

DONKIN, S.S; DOANE, P. Glycerol as a feed ingredient in dairy rations. **Tri-State Dairy Nutrition Conference**, p.97-103, 2007.

DOPPENBERG, J.; VAN DER AAR, P. The nutritional value of biodiesel by-products (Part2: Glycerine). **Feed Business Asia**, Beijing, v. 6, n. 3, p. 42-43, 2007.

GUNN, P. J.; SCHULTZ, A. F.; VAN EMON, M. L.; NEARY, M. K.; LEMENAGER, R. P.; RUSK, C. P.; LAKE, S. L. Effects of elevated crude glycerin concentrations on feedlot performance, carcass characteristics, and serum metabolite and hormone concentrations in finishing ewe and wether lambs. **The Professional Animal Scientist**, Champaign, v.26, n.3, p. 298-306, 2010.

KREHBIEL, C.R. Ruminal and physiological metabolism of glycerin. **Journal of Animal Science**, v.86, p.392, (E-Suppl. 2), 2008.

LAGE, J.F.; PAULINO, P.V.R.; PEREIRA, L.G.R.; et al. Carcass characteristics of feedlot lambs fed crude glycerin contaminated with high concentrations of crude fat. **Meat Science**, v.96, p. 108-113, 2014.

MEHREZ, A. Z.; ØRSKOV, E. M.; McDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal Nutrition**, v.38, p.437-443, 1977.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 450p. 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington, D.C.: National Academic, 292p. 2007.

OLIVEIRA, E. M. Glicerina na alimentação de cordeiros 1/2 Dorper 1/2 Santa Inês: consumo, digestibilidade, desempenho, características quantitativas da carcaça e qualitativas da carne. p.67, Dissertação (mestrado) – UEP-FCAV, Jaboticabal, 2013.

PAGGI, R. A; FAY, J. P; FERNANDEZ, H. M. Effect of short-chain acids and glycerol on the proteolytic activity of rumen fluid. **Animal Feed Science and Technology**, v.78, 341–347, 1999.

PIWONKA, E. J.; FIRKINS J. L. Effect of glucose on fiber digestion and particle-associated carboxymethylcellulase activity in vitro. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 129-139, Jan. 1993.

SANTOS, D.A.; PARENTE, H.N.; PARENTE, M.O.M.; ROCHA, K.S.; FERREIRA, E.M.; ALVES, A.A. Desempenho produtivo de cabritos alimentados com glicerina bruta. **Ciência Rural**. v.45, n.4, p.690-696. 2015a.

SANTOS, V.C.; EZEQUIEL, J.M.B.; HOMEM JUNIOR, A.C.; PINHEIRO, R.S.B. Quantification of ruminal microbiota and production of methane and carbonic dioxide from diets with inclusion of glycerin. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.1, p.205-210, 2015b. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-6742>

SATTER, L. D.; SLYTER, L. L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British Journal Nutrition**, v.32, n.2, p.199-208, 1974.

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

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press. 1994.

WANG, C. et al. Effects of glycerol on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. **Livestock Science**, Amsterdam, v.121, p.15-20, 2009.

CAPÍTULO II

**Características de carcaça e carne de caprinos mestiços Boer
alimentados com dietas contendo glicerina bruta**

Características de carcaça e carne de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da glicerina bruta oriunda da produção do biodiesel sobre as características quantitativas e qualitativas da carcaça e da carne de caprinos mestiços Boer em terminação. Utilizou-se trinta e dois cabritos mestiços Boer x SPRD, castrados, com peso inicial de $17,8 \pm 2,2$ kg, entre três e quatro meses de idade, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos e oito repetições. Os cabritos foram alimentados com silagem de sorgo e concentrado, e a inclusão da glicerina bruta nos níveis de 0,0; 5,0; 10,0 e 15,0% na dieta na matéria seca. Houve efeito linear decrescente dos níveis de glicerina bruta sobre o peso de corpo vazio, peso de carcaça quente e peso de carcaça resfriada. Entretanto as características de perdas, rendimento e morfometria das carcaças e as características físicas da carne dos cabritos não apresentaram efeito significativo. Foi observada diferença para as variáveis área de olho de lombo e medida B, diminuindo as mesmas com o aumento da inclusão do glicerina bruta na dieta. A inclusão do glicerina bruta com cerca de 6,6% de metanol acarreta na redução das características relacionadas com o peso ao abate dos caprinos mestiços Boer à medida que é acrescida nas dietas. Entretanto não alteram as mensurações da carcaça e qualidade da carne. Sendo aconselhável a utilização da glicerina bruta na dieta de caprinos com menor teor de metanol.

Palavras-chave: Biodiesel, cabritos, coproduto, glicerol, qualidade da carne

Carcass and beef characteristics of crossbred Boer goats fed diets containing crude glycerin

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of crude glycerin from biodiesel production on quantitative and qualitative characteristics of carcass and beef. Thirty-two crossbred Boer goats kids (Boer x undefined breed), castrated, with average initial weight of 17.8 ± 2.2 kg, between three and four months old, were assigned in a completely randomized experimental design with four treatments (diets with inclusion levels of crude glycerin of 0, 5, 10 and 15% on fresh matter basis) and eight repetitions. Empty body weight, hot and cold carcass weight linearly decreased ($P < 0.05$) by dietary crude glycerin levels. However, inclusion of crude glycerin did not affect the losses, yield and morphometric characteristics of carcass and physical characteristics of goat meat. There was a linearly decreased on loin eye area and measurement B with inclusion of crude glycerin in diets. Inclusion of crude glycerin associated with approximately 6.6% of methanol leads to a decrease on characteristics related with studied variables of crossbred Boer goats kids as it is increased in diets. However, did not affect carcass measurements and meat quality. Thus, it is suitable to use crude glycerin in goats' diet with lower methanol content.

Key words: Biodiesel, goats kids, co-product, glycerol, meat quality

INTRODUÇÃO

A caprinocultura ainda apresenta alguns entraves, como baixos índices zootécnicos, baixa disponibilidade de forragens nos períodos de estiagem, além da competição de determinados alimentos entre animais e seres humanos, elevando ainda mais os custos com alimentação. Com os custos de alimentação aumentando a periodicamente, fontes de alimento alternativas, como é o caso da glicerina bruta (ricas em glicerol), vem se destacando (Chanjula et al., 2015). Desta forma, evitar o descarte no meio ambiente e contribuindo com as demandas energéticas dos animais, capazes de converter este coproduto em alimentos de alto valor nutritivo para a população humana e substituindo na alimentação animal ingredientes como o milho que sofre grande variação de preço ao longo do ano.

O glicerol presente no organismo animal, normalmente está ligado a uma fonte lipídica (triglicerídeos, lipoproteínas, gordura dietética), entretanto quando é utilizado na alimentação animal, não está ligado a essas fontes, e o mesmo é assimilado servindo como fonte de energia principalmente na forma de glicose, e somente quando consumido em excesso será convertido em glicogênio pelo fígado e posteriormente transformado em gordura através da lipogênese, desta forma é pouco provável que o mesmo acarrete alterações danosas para a carne dos animais que consumam glicerol.

Porém a utilização da glicerina bruta na dieta de ruminantes ocasiona na disponibilização de elevada quantidade de componentes gliconeogênicos, devido o mesmo ser convertido em propionato, que podem ser utilizados na síntese de ácidos graxos (Verseman et al., 2008), podendo acarretar em alterações na qualidade da carne. Estudos anteriores não encontraram efeitos da glicerina bruta sobre o rendimento de cortes comerciais, área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea, pH e cor (Carvalho et al., 2015). Gunn et al., (2010) também não encontraram alterações para as mesmas variáveis em cordeiros alimentados com até 20% de glicerina bruta.

Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito da utilização do glicerina bruta na dieta de cabritos mestiços Boer sobre as características qualitativas e quantitativas da carcaça e qualidade da carne.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia pertencente à Universidade Federal da Bahia, localizada no município de São Gonçalo dos Campos – Bahia, durante o período de novembro de 2013 a janeiro de 2014.

Foram utilizados 32 cabritos mestiços Boer, castrados, com peso inicial de 17,8 ± 2,2 kg e idade variando de 3 a 4 meses, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e oito repetições. Os tratamentos corresponderam aos quatro níveis de glicerina bruta (0; 5; 10 e 15 %) com base na MS da dieta (Tabela 1).

Os animais foram vacinados e vermifugados contra ecto e endoparasitas no período pré-experimental e alojados em baias individuais, com piso ripado e suspenso, equipadas com bebedouros e cochos de alimentação, de modo que houvesse acesso à vontade à água e às dietas e instaladas em galpão coberto.

Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes e bromatológica das dietas experimentais.

Ingredientes	Níveis de glicerina bruta na dieta (% de MS)			
	0	5	10	15
----- Ingredientes nas dietas (%) -----				
Grão de milho moído	180,00	120,00	60,00	0,00
Farelo de soja	205,00	215,00	225,00	235,00
Glicerina bruta	0,00	50,00	100,00	150,00
Suplemento mineral	15,00	15,00	15,00	15,00
Silagem de Sorgo	600,00	600,00	600,00	600,00
----- Composição bromatológica (%) -----				
Matéria seca	554,60	557,20	559,80	562,30
Matéria orgânica ¹	941,00	937,10	940,80	941,80
Matéria mineral ¹	50,80	52,30	53,90	55,40
Proteína bruta ¹	149,20	149,80	150,50	151,10
Extrato etéreo ¹	31,30	28,40	25,50	22,60
Fibra em detergente neutro ¹	349,40	343,10	336,80	330,50
Fibra em detergente ácido ¹	166,70	166,30	165,90	165,50
Carboidratos não-fibrosos ¹	419,30	426,40	433,30	440,40
Nutrientes digestíveis totais ²	639,80	639,90	639,90	640,00
Metanol ¹	0,00	3,30	6,60	9,90

¹Valor expresso em % da matéria seca. ² Nutrientes digestíveis totais estimados pelas equações descritas em NRC, 2001. *Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da UFBA.

Os cabritos foram mantidos em regime de confinamento durante 69 dias, precedidos de 15 dias destinados à adaptação às instalações, às dietas e ao manejo diário, e nesta fase receberam silagem de sorgo *ad libitum* como volumoso, e proporções crescentes das rações experimentais.

Os cabritos foram alimentados duas vezes ao dia, sendo fornecida metade às 08h00 e o restante às 16h00 horas, onde era pesada a dieta dos animal individualmente em uma relação volumoso:concentrado de 60:40, e misturados para o fornecimento a fim de minimizar a seleção pelos animais. Utilizou-se como fonte volumosa a silagem de sorgo (*Sorghum bicolor (L). Moench*) (Tabela 2). O concentrado foi constituído de grão de milho moído, farelo de soja, suplemento mineral específico para caprinos e glicerina bruta (Tabela 1).

As dietas foram formuladas para serem isonitrogenadas (15% de PB) segundo as recomendações do *National Research Council NRC*, (2007), de modo a atender as exigências nutricionais para caprinos com potencial de ganhos de peso médio estimados de 150g/dia. Na tabela 2 observa-se a composição dos ingredientes utilizados na dieta.

Tabela 2. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimental

Item	Ingrediente			
	Silagem de Sorgo	Grão de milho moído	Farelo de soja	Glicerina bruta
Matéria seca	33,55	88,60	87,25	94,00
Matéria orgânica ¹	96,71	98,46	93,52	96,40
Matéria mineral ¹	3,29	1,54	6,48	3,60
Proteína bruta ¹	7,55	6,42	45,03	0,00
Extrato etéreo ¹	3,05	5,15	1,84	0,00
Fibra em detergente neutro ¹	49,03	13,07	15,46	0,00
Fibra em detergente ácido ¹	26,16	1,30	3,63	0,00
Carboidratos não fibrosos ¹	57,90	73,82	31,19	83,01
Nutrientes digestíveis totais ¹	55,00	81,07	80,11	81,30
Glicerol	0,00	0,00	0,00	43,4
Metanol	0,00	0,00	0,00	6,6

¹Valor expresso em % da matéria seca.

Ao completarem 69 dias de confinamento, os animais foram transferidos para frigorífico comercial, localizado no município de Feira de Santana – Bahia, passando por novo período de jejum e descanso de 16 horas, sendo novamente pesados para a

obtenção do peso ao abate (PA) e abatidos de acordo com as normas vigentes preconizadas pela Instrução Normativa Nº 3 do Ministério da Agricultura e Abastecimento - Secretaria de Defesa Agropecuária (Brasil, 2000).

O abate foi realizado após a insensibilização dos animais por Pistola com dardo cativo, seguida de sangria através da secção das veias jugulares e as artérias carótidas. Posteriormente, foi procedida a esfolagem, evisceração, *toilet* e pesagem das carcaças para a determinação do peso da carcaça quente (PCQ), para determinação do rendimento da carcaça quente ($RCQ = PCQ/PA \times 100$) e transferidas para câmara frigorífica a 4°C por 24 horas, penduradas com auxílio de ganchos apropriados de modo que fosse mantido um distanciamento de 17 cm entre as articulações tarso-metatarsianas. Em seguida, o trato gastrointestinal cheio (TGIcheio) foi pesado para obtenção do peso corporal vazio (PCV = PA - TGIcheio), e posteriormente o valor de PCV foi utilizado para determinar o rendimento verdadeiro ou biológico (RV), obtido pela relação entre o peso da carcaça quente e o peso corporal vazio (Sañudo & Sierra, 1986). Ao final do período de 24 horas de resfriamento as carcaças frias foram pesadas para obtenção do peso de carcaça fria (PCF), para calcular o rendimento de carcaça fria ($RCF = PCF/PCA \times 100$) e a perda por resfriamento ($PR = (PCQ-PCF/PCQ)*100$).

Após a pesagem, avaliou-se de acordo com Cezar e Souza (2007) as seguintes medidas morfológicas das carcaças: comprimento externo de carcaça (CEC): distância entre a articulação cervicotorácica e a 1ª articulação intercoccígea; comprimento interno da carcaça (CIC): distância entre o bordo anterior do osso púbis e o bordo anterior da primeira costela em seu ponto médio; comprimento da perna (CP): distância entre o períneo e o bordo anterior da superfície articular tarso-metatarsiana; perímetro da garupa (PG) perímetro na região da garupa, com base nos trocânteres dos fêmures; largura da garupa (LG): largura máxima entre os trocânteres dos fêmures; perímetro do tórax (PT): perímetro medido atrás da paleta; profundidade do tórax (PrT): distância máxima entre o esterno e o dorso da carcaça ao nível da sexta vértebra torácica. Todas as medidas de comprimento, altura e perímetro foram tomadas utilizando-se fita métrica, e as de largura e profundidade, com auxílio de compasso, cuja abertura registrada foi mensurada com régua.

Em seguida, foi realizada na carcaça a avaliação subjetiva da conformação e do estado de engorduramento (Tabela 3), atribuindo nota de 1 a 5 em escala de 0,5, segundo metodologia descrita por Osório & Osório (2005).

Tabela 3. Escala de avaliação subjetiva da conformação e estado de engorduramento das carcaças.

Índice	Descrição	
	Conformação ¹	Estado de engorduramento ²
1,0	Muito pobre	Excessivamente magra
1,5	Podre	Muito magra
2,0	Aceitável	Magra
2,5	Média	Ligeiramente magra
3,0	Boa	Normal
3,5	Muito boa	Ligeiramente engordurada
4,0	Superior	Gorda
4,5	Muito superior	Muito gorda
5,0	Excelente	Excessivamente gorda

¹Avaliação visual da distribuição dos planos musculares. ²Avaliação visual da distribuição harmônica do tecido adiposo. Fonte: Osório & Osório (2005)

Entre a 12^a e a 13^a vertebrae torácicas da meia carcaça esquerda, foi realizado um corte para expor a secção transversal do músculo *Longissimus dorsi*, sobre o qual foi traçada a área de olho do lombo (AOL) em película transparente. Com o auxílio de uma régua traçou-se duas retas sobre a imagem, onde uma média a distância máxima do músculo no sentido médio lateral ou largura (medida A) e a outra perpendicular à anterior ou profundidade (medida B). O cálculo da AOL foi determinado pela fórmula: $AOL = (A/2 \times B/2) \times \pi$, onde $\pi = 3,1416$.

A espessura da gordura de cobertura foi obtida por meio de paquímetro a 3/4 de distância a partir do lado medial do músculo *Longissimus dorsi*, para o seu lado lateral da linha dorso lombar na mesma secção. Após a avaliação, foram removidos os músculos *Longissimus dorsi*, acondicionando-os em embalagens etiquetadas e armazenando-os em freezer para posteriores análises laboratoriais.

As análises: cor, perda por cocção e força de cisalhamento foram realizadas no Laboratório de Análises de Produtos de Origem Animal (LAPOA) do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (Areia – PB). No preparo das amostras para análises, os lombos foram descongelados dentro de sacos plásticos, em geladeira e dissecados, com auxílio de bisturi, até a obtenção dos músculo *Longissimus*

no qual foram realizadas as análises de cor, perdas por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC).

Foram cortados bifes de 2,5cm de espessura. As medidas foram realizadas em colorímetro MINOLTA CR400, operando no sistema CIE (L^* , a^* , b^*), sendo L^* a luminosidade, a^* a intensidade da cor vermelha e b^* a intensidade da cor amarela. O colorímetro foi calibrado com placa de cerâmica branca e o iluminante utilizado foi o D65. As coordenadas L^* , a^* e b^* foram mensuradas em três pontos distintos da superfície interna do bife, sendo calculada posteriormente a média das triplicatas de cada coordenada por animal.

A perda por cocção (PPC) foi determinada utilizando amostras do lombo com aproximadamente 1,5 cm de espessura, 3,0 cm de comprimento e 2,5 cm de largura, para avaliar as perdas por cocção. As amostras foram distribuídas em bandejas previamente identificadas e taradas e em seguida foram assadas em forno pré-aquecido a 170 °C, até que a temperatura do centro geométrico atingisse 71 °C.

Para a verificação da temperatura interna da amostra utilizou-se um termopar de cobre, inserido no centro geométrico de cada amostra, equipado com um termômetro digital. Em seguida, as amostras foram resfriadas à temperatura ambiente e novamente pesadas para obtenção das perdas por cocção (evaporação, gotejamento e totais). As perdas durante a cocção foram calculadas pela diferença de peso das amostras antes e depois de submetidas ao tratamento térmico e expressas em porcentagem (Wheeler et al., 1995).

A textura foi avaliada pela força de cisalhamento (FC), conforme metodologia descrita por (Wheeler et al., 1995). As amostras para esta análise foram as cozidas na perda por cocção, as quais foram resfriadas por 24 horas. Após esse período foram retirados dois cilindros de cada fatia de carne, no sentido das fibras musculares, com o auxílio de um vazador circular de aço inoxidável de 1,27cm de diâmetro. Os cilindros foram cortados transversalmente, utilizando-se um texturômetro (G-R MANUFACTURING CO, MODELO 3000) equipado com uma lâmina de aço inox tipo *Warner-Bratzler* com célula de carga de 25kgf e velocidade de corte de 20 cm/min, sendo à força de cisalhamento expressa em kgf/cm^2 .

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e de regressão a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas), versão 9.1 (SAEG, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito linear decrescente ($P < 0,05$) dos níveis de glicerina bruta sobre o peso ao abate (PA), peso de corpo vazio (PCV), peso de carcaça quente (PCQ) e peso de carcaça fria (PCF) (Tabela 4). O fato dessas características terem apresentado influência ($P > 0,05$) negativa com a inclusão dos níveis crescentes de glicerina bruta era esperado tendo em vista que a redução do consumo contribuiu para que houvesse uma redução no ganho de peso e desta forma as variáveis PCA, PCV, PCQ e PCF apresentassem comportamento semelhante, por serem medidas que apresentam estreita ligação com o peso de abate dos animais. Resultados semelhantes foram descritos por Lage et al. (2014), ao estudarem níveis crescentes de glicerina bruta (0, 3, 6, 9 e 12%) na dieta de ovinos confinados sobre o peso de carcaça.

Tabela 4. Peso ao abate (PA), peso de corpo vazio (PCV), peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF), perdas por resfriamento (PR), rendimento de carcaça quente (RCQ), rendimento de carcaça fria (RCF), rendimento verdadeiro (RV) e trato gastrointestinal vazio (TGIV) de caprinos mestiços Boer em terminação alimentados com dietas contendo glicerina bruta

Variável	Níveis de inclusão da glicerina bruta (%)				EPM ¹	Valor-P*	
	0	5	10	15		L ²	Q ³
PA (kg)	26,17	25,15	24,90	23,09	0,6047	0,0404	0,7460
PCV (kg)	22,17	21,60	20,12	17,76	0,8879	0,0387	0,6014
PCQ (kg)	11,27	10,18	9,94	9,24	0,2852	0,0173	0,6824
PCF (kg)	11,22	10,12	9,87	9,19	0,2888	0,0153	0,7044
PR (%)	0,48	0,50	0,75	1,10	0,1299	0,0597	0,5029
RCQ (%)	43,12	40,59	39,94	40,24	0,6102	0,1267	0,2432
RCF (%)	42,92	40,38	39,66	39,80	0,6193	0,0971	0,2738
RV (%)	51,75	48,16	49,46	52,05	1,3231	0,7860	0,2825
TGIV (%)	2,46	2,27	2,52	2,36	0,0705	0,8507	0,9417
Equações de regressão							
PCA (kg)	$\hat{Y} = 26,2566 - 0,1921X$					$R^2 = 0,91$	
PCV (kg)	$\hat{Y} = 22,5892 - 0,3015X$					$R^2 = 0,93$	
PCQ (kg)	$\hat{Y} = 11,0553 - 0,1204X$					$R^2 = 0,94$	
PCF (kg)	$\hat{Y} = 11,0148 - 0,1240X$					$R^2 = 0,94$	

¹Erro padrão da média. ²Significância para efeito linear. ³Significância para efeito quadrático. Valor-P* = probabilidade significativa ao nível de 5%.

As perda por resfriamento (PR), o rendimento de carcaça quente (RCQ), rendimento de carcaça fria (RCF), rendimento verdadeiro (RV), trato gastrointestinal cheio (TGIC) e trato gastrointestinal vazio (TGIV) não apresentaram efeito significativo ($P>0,05$) à medida que se elevaram os níveis de glicerina na dieta (Tabela 4). O valor médio para as PR foi de 0,71%, estando a baixo dos resultados encontrados na literatura.

Oliveira et al. (2008) avaliando as características da carcaça de cabritos oriundos do cruzamento de reprodutores sem padrão racial definido-SPRD e das raças Anglo Nubiana e Boer com cabras sem padrão racial definido-SPRD abatidos com diferentes pesos, não encontraram diferença entre os pesos e entre as raças, encontrando a média de 2,01, o que pode indicar que o uso de glicerina na terminação de cabritos não promove aumento da PR. Demonstrando que o resfriamento foi realizado de forma correta e que isso infere em característica requerida pelos frigoríficos, afim de melhoria do rendimento de carcaça fria e a aumento dos lucros, além de valorizar a carne, por evitar a perda excessiva de água da carcaça e evitar o enrijecimento da carne.

O RV, RCQ, RCF, assim como o TGIV, não apresentaram efeito ($P>0,05$), provavelmente por que estas variáveis são influenciadas por fatores como raça, idade, peso ao abate, sexo e sistema de criação, e pouco influenciadas por fatores como alimentação, que somente quando à grandes variações na composição das dietas em relação a quantidade de nutrientes. Desta forma não era esperado que houvesse alteração para estas variáveis, tendo em vista que os animais faziam parte de um lote homogêneo e que as dietas eram balanceadas.

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para os valores de conformação e acabamento de carcaça como pode ser observado na Tabela 5. Segundo Lisboa et al. (2010) essas variações são influenciadas por fatores como raça, genótipo, idade, peso ao abate, sexo e sistema de criação. Essas características não são fortemente influenciadas pela mudança de alimentos na dieta, desde que, os teores dos nutrientes permaneçam semelhantes. Porém, quando há alteração nas quantidades de nutrientes como energia e proteína, acaba influenciando essas variáveis, como foi observado por Cartaxo et al. (2011) avaliando o efeito de dois níveis de energia (2,4 e 2,9 Mcal EM/kg MS) e de diferentes genótipos de cordeiros (Santa Inês, Santa Inês x Dorper e Santa Inês x SPRD) sobre as características de carcaça, observou efeito tanto dos diferentes genótipos

quanto dos níveis de energia na dieta, em que os animais submetidos as dietas com o maior nível de energia apresentaram melhor conformação e acabamento de carcaça.

Em relação às mensurações da carcaça, o comprimento externo e interno da carcaça, comprimento da perna, perímetro da garupa, largura de garupa, perímetro torácico e profundidade de tórax também não foram influenciados ($P>0,05$) pelos níveis de glicerina bruta na dieta (Tabela 5), resultados semelhantes foram descritos por Gunn et al. (2010) ao estudarem a inclusão de níveis crescentes de glicerina bruta (0, 15, 30 e 45%) na dieta de ovinos confinados. Barros et al. (2015) também não encontraram efeito da glicerina sobre a conformação, o acabamento e as características morfométricas das carcaças de ovinos mestiços Santa Inês x Dorper alimentados com dietas contendo até 10,84% de glicerina bruta. Como mencionado anteriormente, assim como para as características de conformação e acabamento de carcaça, as características morfométricas também não são muito influenciadas por dietas com mesma composição nutricional. Esses resultados demonstram que o glicerina bruta pode ser utilizado nas dietas de caprinos mestiços Boer em terminação sem causar nenhuma depreciação nas carcaças de caprinos.

Tabela 5. Média das mensurações das carcaças de caprinos mestiços Boer em terminação alimentados com dietas contendo glicerina bruta

Variáveis	Níveis de glicerina na dieta (%)				P ²	EPM ³	DP ⁴
	0	5	10	15			
CONF	1,96	2,09	2,04	1,94	ns	0,0063	0,3558
ACAB	1,04	0,94	1,14	1,19	ns	0,0080	0,4538
CEC (cm)	51,67	51,50	52,86	51,00	ns	0,0580	3,2997
CIC (cm)	55,83	54,13	55,71	54,48	ns	0,0452	2,5707
CP (cm)	37,17	35,00	36,43	35,63	ns	0,0359	2,0425
PG (cm)	37,08	37,00	37,14	35,00	ns	0,0254	1,4436
LG (cm)	10,90	10,74	11,61	10,19	ns	0,0478	2,7193
PT (cm)	61,50	52,25	59,93	56,00	ns	0,1954	11,1098
PrT (cm)	18,58	17,63	18,29	18,00	ns	0,0297	1,6905

¹CONF = conformação (1, Muito pobre; 1,5, Podre; 2, Aceitável; 2,5, Média; 3, Boa; 3,5, Muito boa; 4, Superior; 4,5, Muito superior; 5, Excelente); ACAB = acabamento (1, Excessivamente magra; 1,5, Muito magra; 2, Magra; 2,5, Ligeiramente magra; 3, Normal; 3,5, Ligeiramente engordurada; 4, Gorda; 4,5, Muito gordada; 5, Excessivamente gordada); CEC = comprimento externo da carcaça; CIC = comprimento interno da carcaça; CP = comprimento da perna; PG = perímetro da garupa; LG = largura da garupa; PT = perímetro do tórax; PrT = profundidade do tórax; ²Probabilidade. ³Erro padrão da média. ⁴Desvio Padrão. ns = Não significativo ($P>0,05$).

As mensurações quantitativas no lombo de cabritos estão descritas na Tabela 6, onde foi observada diferença ($P<0,05$) para as variáveis área de olho de lombo (AOL) e

medida B, diminuindo as mesmas com o aumento da inclusão do glicerina bruta na dieta, fato que pode ser explicado pelo menor ganho de peso dos animais com o aumento dos níveis de glicerina, influenciando negativamente na deposição de gordura e músculo desses animais. A deposição de gordura na carcaça está relacionada a aspectos como raça, idade, sexo e sistema de produção, e o aumento da AOL se dá em decorrência do maior peso e idade de abate, sendo desta forma uma medida objetiva e que possibilita a predição da quantidade de músculo na carcaça (Silva Sobrinho et al. 2008).

Os resultados encontrados para AOL estão à baixo dos encontrados por Chanjula et al. (2015) avaliando a inclusão de até 20% de glicerina para caprinos mestiços Anglo Nubiano, que encontraram valores médios de 12,54 cm², contudo não apresentando efeito entre as doses testadas. Porém, Lage et al. (2014) em estudo avaliando a inclusão de até 12% de GB que continha 8,7% de metanol em sua composição, na dieta de cordeiros também observou redução da AOL nos tratamentos com maior inclusão da GB.

Tabela 6. Área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea do músculo *Longissimus dorsi* de caprinos mestiços Boer em terminação alimentados com dietas contendo glicerina bruta

Variável	Níveis de glicerina na dieta (%)				EPM ¹	Valor-P*	
	0	5	10	15		L ²	Q ³
AOL (cm ²)	8,17	7,69	7,35	6,55	0,2719	0,0302	0,7574
Medida A (cm)	4,42	4,22	4,33	4,32	0,1026	0,5233	0,3806
Medida B (cm)	2,37	2,31	2,16	1,92	0,0601	0,0187	0,2158
EGS (mm)	1,3	1,5	1,4	1,2	0,0092	0,6290	0,3656
Equações de regressão							
AOL (cm ²)	$\hat{Y} = 8,2279 - 0,1055X$					$R^2 = 0,97$	
Medida B (cm)	$\hat{Y} = 2,3577 - 0,0250X$					$R^2 = 0,94$	

¹Erro padrão da média. L² = Significância para efeito linear. Q³ = Significância para efeito quadrático. Valor-P* = probabilidade significativa ao nível de 5%.

Carvalho et al. (2015) avaliando os efeitos de substituição total de milho pela glicerina bruta sobre as características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros, alimentados com dietas de alto concentrado e com baixo amido, também não encontraram efeito sobre a AOL, apresentando valor médio de 14,44 cm². Porém, não apresentou variação do peso ao abate, mesmo contendo uma inclusão de até 30% de glicerina, entretanto a glicerina utilizada continha apenas 0,01% de metanol, reforçando

a suposição de que a redução do consumo e conseqüentemente do ganho de peso estão relacionadas ao teor de metanol contida na glicerina bruta utilizada.

O efeito ($P < 0,05$) observado sobre a medida B ou profundidade do músculo *Longissimus dorsi* como a adição dos níveis de glicerina bruta, pode estar relacionada a alguma característica de crescimento da raça estudada, já que em outros estudos com pequenos ruminantes, quando é observado efeito sobre a AOL, vem acompanhado por alterações tanto na profundidade máxima como a largura máxima do *Longissimus dorsi*, como foi observado por Mora et al. (2015) avaliando as características quantitativas da carcaça e o índice de musculosidade da perna de cordeiras Pantaneiras, abatidas com diferentes espessuras de gordura subcutânea.

Para espessura de gordura subcutânea do músculo *Longissimus dorsi* dos caprinos, não foi observado efeito ($P > 0,05$), fato este que pode estar relacionado que nos caprinos, há pouca quantidade de gordura subcutânea, já que a maior deposição de gordura nesses animais ocorre na cavidade abdominal e torácica.

Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) entre os níveis de glicerina nas características físicas da carne dos caprinos. A cor da carne é uma característica relevante na hora da compra, pois é critério fundamental no momento da escolha do produto pelo consumidor, a menos quando odores estranhos se fizerem presente. Jacob & Thomson (2012), menciona que a quantidade do pigmento mioglobina no músculo *Longissimus* se desenvolve com o avanço da idade. Avaliando os três componentes da cor obtidos nesse trabalho, em função dos diferentes níveis de glicerina, observa-se que L^* variou de 36,50 e 39,72 enquanto a^* de 10,74 a 12,02 e b^* de 4,99 a 6,33.

Tabela 7. Perdas por cocção, força de cisalhamento e parâmetros de cor do músculo *Longissimus dorsi* de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta

Variáveis	Níveis de glicerina bruta (%)				EPM ¹	Valor-P*	
	0	5	10	15		L ²	Q ³
Cor							
L*	36,50	39,66	38,95	39,72	0,5607	0,0770	0,2818
a*	10,74	11,74	11,55	12,02	0,3081	0,2087	0,6776
b*	4,99	5,90	6,09	6,33	0,2659	0,0891	0,5367
Perdas por cocção (%)	29,97	35,00	30,07	35,86	1,1940	0,2265	0,8714
Força por cisalhamento (kgf)	1,97	3,17	2,36	2,92	0,2077	0,2669	0,4300

L* = intensidades de brilho; a = intensidade de vermelho; b = intensidade de amarelo. ¹Erro padrão da média. L² = Significância para efeito linear. Q³ = Significância para efeito quadrático. Valor-P* = probabilidade significativa ao nível de 5%.

Os resultados observados para cor estão próximos aos encontrados por Chanjula et al. (2015) avaliando a inclusão de até 20% de glicerina na dieta para caprinos mestiços Anglo Nubiano, que encontraram valores variando de 37,75 a 39,95 para L*, 11,83 a 12,61 para a* e de 10,15 a 11,54 para b* respectivamente, e não apresentando efeito entre as doses testadas, assim como no presente estudo, demonstrando que a glicerina não causa nenhuma alteração sobre as características da cor da carne caprina.

As perdas por cocção (PPC) estão ligadas as perdas ocorridas durante o processo de preparo ou cozimento da carne, associa-se ao rendimento no preparo para o consumo e influencia a suculência da carne e, neste estudo, não diferiu ($P>0,05$) entre os níveis de glicerina bruta (Tabela 7), apresentando valores de perdas variando de 29,97% a 35,86%. Os valores de PPC estão acima dos observados por Dias et al. (2008), que variaram de 20,7 a 29,2%, trabalhando com cabritos mestiços alimentados com farelo grosso de trigo. Fato este que pode estar relacionado com o marmoreio da carne que pode não ter ocorrido no presente estudo, tendo em vista que os animais utilizados por Dias et al. (2008) apresentavam idade e peso um pouco superior ao presente estudo.

A força de cisalhamento também não diferiu ($P>0,05$) pelos diferentes níveis de glicerina bruta, apresentando médias variando de 1,97 a 3,17 classificando-as como macias de acordo com Cezar e Souza (2007). A força de cisalhamento é utilizada para medir a maciez da carne, sendo que, quanto maior a força de cisalhamento menor a maciez da carne. Os resultados observados no presente trabalho estão à baixo dos encontrados por Lemes et al. (2013) que variaram de 3,0 a 4,7 kgf em caprinos constituídos pelas raças Angorá, Crioulos e Zebus (cruzamento de Anglo Nubiano). Também estão à baixo dos resultados encontrados por Freitas et al. (2011) que variaram de 4,88 a 6,71 kgf. Os resultados encontrados demonstra que as carnes apresentaram grande maciez e que a glicerina bruta não alterou a maciez das mesmas.

CONCLUSÕES

Os níveis de glicerina bruta utilizados como fonte de energia na dieta de caprinos ocasionaram alterações nas características relacionadas com o peso ao abate, entretanto não influenciaram nas mensurações da carcaça e na qualidade da carne.

Sendo aconselhável a utilização de glicerina bruta com menor teor de metanol na alimentação de caprinos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCALDE, C.R., GRANDE, P.A., LIMA, L.S.L., MACEDO, F.A.F., ZEOULA, L.M., PAULA, M.C. Oilseeds in feeding for growing and finishing $\frac{3}{4}$ Boer + $\frac{1}{4}$ Saanen goat kids. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.8, p.1753-1757, 2011.

BARROS, M. C. C.; MARQUES, J. A.; SILVA, F. F.; SILVA, R. R.; GUIMARÃES, G. S.; SILVA, L. L.; ARAÚJO, F. L. Glicerina bruta na dieta de ovinos confinados: consumo, digestibilidade, desempenho, medidas morfométricas da carcaça e características da carne. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.1, p.453-466, 2015. DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n1p453

BRASIL, **Ministério Pecuária e Abastecimento**. Instrução normativa n. 3, de 17 de Janeiro de 2000. Aprova o Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. 2000.

CARTAXO, F. Q.; SOUSA, W. H.; CEZAR, M. F.; COSTA, R. G.; CUNHA, M. G. G.; GONZAGA NETO, S. Características de carcaça determinadas por ultrassonografia em tempo real e pós-abate de cordeiros terminados em confinamento com diferentes níveis de energia na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.1, p.160-167, 2011.

CARVALHO, V.B.; LEITE, R.F.; ALMEIDA, M.T.C.; PASCHOALOTO, J.R.; CARVALHO, E.B.; LANNA, D.P.D.; PEREZ, H.L.; VAN CLEEF, E.H.C.B.; HOMEM JUNIOR, A.C.; EZEQUIEL, J.M.B. Carcass characteristics and meat quality of lambs fed high concentrations of crude glycerin in low-starch diets. **Meat Science**, v.110, p.285–292, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.08.001>

CHANJULA, P.; PAKDEECHANUAN, P.; WATTANASIT, S. Effects of feeding crude glycerin on feedlot performance and carcass characteristics in finishing goats. **Small Ruminant Research**, vol.123, p.95–102, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.11.011>

CEZAR, M.F.; SOUSA, W.H. **Carcaças ovinas e caprinas: obtenção-avaliação-classificação**. Uberaba: Agropecuária Tropical, p.232, 2007.

DIAS, A.M.A.; MACIEL, M.I.S.; BATISTA, A.M.V.; CARVALHO, F.F.R.; GUIM, A.; SILVA, G. Inclusão do farelo grosso de trigo na dieta e seu efeito sobre as propriedades físicas e sensoriais da carne caprina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28(3): p.527-533, 2008.

FREITAS, H.S.; ALCALDE, C.R.; LIMA, L. S.; MACEDO, F.A.F.; MACEDO, V.P.; MOLINA, B.S.L. Quantitative characteristics of carcass and meat quality of $\frac{3}{4}$ Boer + $\frac{1}{4}$ Saanen and Saanen goat kids fed diets with dry yeast. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.630-638, 2011.

GUNN, P.J.; SCHULTZ, A.F.; VAN EMON, M.L.; NEARY, M.K.; LEMENAGER, R.P.; RUSK, C.P.; LAKE, S.L. Effects of elevated crude glycerin concentrations on

feedlot performance, carcass characteristics, and serum metabolite and hormone concentrations in finishing ewe and wether lambs. **The Professional Animal Scientist**, Champaign, v. 26, n. 3, p. 298-306, 2010.

JACOB, R.H.; THOMSON, K.L. The importance of chill rate when characterizing colour change of lamb meat during retail display. **Meat Science**, v.90, p.478–484, 2012.

LAGE, J.F.; PAULINO, P.V.R.; PEREIRA, L.G.R.; DUARTE, M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; OLIVEIRA, A.S.; SOUZA, N.K.P.; LIMA, J.C.M. Carcass characteristics of feedlot lambs fed crude glycerin contaminated with high concentrations of crude fat. **Meat Science**, vol.96, p.108–113, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.020>

LEMES, J. S.; OSÓRIO, M. T. M.; OSÓRIO, J. C. S.; BORBA, M.; OLIVEIRA, R. M.; MARTINS, L. Características instrumentais e sensoriais da carne de caprinos da região do Alto Camaquã, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.19, ns.1/2, p.163-175, 2013.

LISBOA, A.C.C.; FURTADO, D.A.; MEDEIROS, A.N.; COSTA, R.G.; QUEIROGA, R.C.E.; BARRETO, L.M.G. Quantitative characteristics of the carcasses of Moxotó and Caniné goats fed diets with two different energy levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1565-1570, 2010.

MORA, N.H.A.P.; MACEDO, F.A.F.; MEXIA, A.A.; DIAS-SENEGALHE, F.B.; OLIVEIRA, E.Q.; RADIS, A.C. Características de carcaça de cordeiras Pantaneiras abatidas com diferentes espessuras de gordura subcutânea. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.1, p.290-298, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-7319>

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 450p. 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington, D.C.: National Academic, 292p. 2007.

OLIVEIRA, A.N.; SELAIVE-VILLARROEL, A.B.; MONTE, A.L.S.; COSTA, R.G.; COSTA, L.B.A. Características da carcaça de caprinos mestiços Anglo-Nubiano, Boer e sem padrão racial definido. **Ciência Rural**, v.38, n.4, p.1073-1077, 2008.

OSÓRIO, J.C.S.; OSÓRIO, M.T.M. **Zootecnia de Ovinos. Raças, Lã, Morfologia, Avaliação da carcaça, Comportamento em pastejo, Programa Cordeiro Herval Premium**. 1ª Edição. Pelotas: Editora Universitária. UFPEL. 243p. 2005a.

PELLEGRIN, A.C.R.; PIRES, C.C.; CARVALHO, S.; PACHECO, P.S.; PELEGRIN, L.F.V.; GRIEBLER, L.; VENTURINI, R.S. Glicerina bruta no suplemento para

cordeiros lactentes em pastejo de azevém. **Ciência Rural**, v.42, n. 8, p. 1477 – 1482, 2012.

SAEG-Sistema para Análises Estatísticas, versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes - UFV, 2007. 1 CD ROM.

SAÑUDO, C.; SIERRA, I. Calidad de la canal en la especie ovina. **Ovino**, v.11, p.127-153. 1986.

SILVA SOBRINHO, A.G., SAÑUDO, C.; OSÓRIO, J.C.S.; ARRIBAS, M. M. C.; OSÓRIO, M. T. M. **Produção de carne ovina**. 1. Ed. Jaboticabal, SP: Funep, 1ª edição, p.228, 2008.

VERSEMANN, B. A.; WIEGAND, B. R.; KERLEY, M. S.; PORTER, J. H.; ROBERTS, K. S.; EVANS, H. L. Dietary inclusion of crude glycerol changes beef steer growth performance and intramuscular fat deposition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.86, n.2, p. 478, 2008.

WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D. **Standardized Warner Bratzler shear force procedures for meat tenderness measurement**. Clay Center: Roman L. Hruska U. S. MARC. USDA, 1995. 7p.

CAPÍTULO III

**Perfil metabólico de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas
contendo glicerina bruta**

Perfil metabólico de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da glicerina bruta oriunda da produção do biodiesel sobre os perfis proteico, energético e enzimático do metabolismo hepático e a avaliação histopatológica do tecidos hepático e renal de caprinos mestiços Boer em terminação. Utilizou-se trinta e dois cabritos mestiços Boer x SPRD, castrados, com peso inicial de $17,8 \pm 2,2$ kg, entre três e quatro meses de idade, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos e oito repetições. O experimento teve duração de 69 dias, e os cabritos foram alimentados com silagem de sorgo e concentrado, e a inclusão da glicerina bruta nos níveis de 0,0; 5,0; 10,0 e 15,0% na dieta na matéria seca. Quanto ao perfil metabólico, urinário e o tecido renais, os níveis crescentes da glicerina bruta na dieta não influenciaram ($P>0,05$) esses parâmetros. Já no tecido hepático dos caprinos alimentados com as dietas contendo os maiores níveis de inclusão de glicerina bruta foram observados efeitos deletérios. A inclusão do glicerina bruta com cerca de 6,6% de metanol acarreta em efeitos deletérios no tecido hepático dos caprinos mestiços Boer à medida que é acrescida nas dietas. Entretanto não ocasionarem efeitos deletérios no tecido renal e os perfis séricos. Sendo aconselhável a utilização da glicerina bruta na dieta de caprinos com menor teor de metanol.

Palavras-chave: biodiesel, coproduto, fígado, glicerol, histopatologia, rim

Metabolic profile of crossbred Boer goats fed diets containing crude glycerin

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of crude glycerin from biodiesel production on protein, energetic and enzymatic profiles of hepatic metabolism, urinary profile and histopathological evaluation of hepatic and renal tissues. Thirty-two crossbred Boer goats kids (Boer x undefined breed), castrated, with average initial weight of 17.8 ± 2.2 kg, between three and four months old, were assigned in a completely randomized experimental design with four treatments (diets with inclusion levels of crude glycerin of 0, 5, 10 and 15% on fresh matter basis) and eight repetitions. Crude glycerin did not affect ($P>0.05$) metabolic profile, urinary profile and renal tissues. Hepatic tissue had deleterious effects with addition of crude glycerin. Inclusion of crude glycerin associated with approximately 6.6% of methanol leads to a deleterious effect on hepatic tissue of crossbred Boer goats kids as it is increased in diets. However, did not cause deleterious effects on renal tissue, serum and urinary profiles. Thus, it is suitable to use crude glycerin in goats' diet with lower methanol content.

Key words: biodiesel, co-produto, liver, glycerol, histopathology, kidney

INTRODUÇÃO

A prática de terminação de caprinos em confinamento vem crescendo cada dia mais, entretanto, a viabilidade econômica dessa tecnologia é comprometida devido ao uso de ingredientes como milho e soja, que apresentam altos custos de aquisição para o produtor rural. Uma alternativa para minimizar esses entraves é a utilização de coprodutos da agroindústria como substitutos desse ingrediente, como por exemplo a glicerina bruta (rica em glicerol), coproduto gerado na produção do biodiesel.

O glicerol é um componente do metabolismo normal dos animais, sendo encontrado na circulação e nas células, de fácil utilização pelos animais, pode ser absorvido diretamente pelo epitélio ruminal, metabolizado no fígado e direcionado para a gliconeogênese e convertido em glicose (Krehbiel, 2008). Entretanto, o que é utilizado na alimentação animal não é exatamente o glicerol, mais sim glicerina, que é o resultado do processo do biodiesel, um produto rico em glicerol ou 1,2,3-propanotriol, mas também de outros componentes, como lipídios, sais, água e metanol.

Segundo o MAPA (Brasil, 2010), o padrão nacional da glicerina na alimentação animal é no máximo 150 ppm de metanol e no mínimo 80% de glicerol. Portanto, a padronização do processo é de fundamental importância para a utilização como ingrediente na ração animal. Porém, não há regras que proíbam a comercialização de glicerinas que não atendam essas exigências, muito menos fiscalização quanto a esses teores. Sobre glicerol propriamente dito, não foi encontrado relatos na literatura sobre distúrbio causado pelo mesmo, entretanto os resíduos contidos na glicerina são a preocupação quanto a sua utilização na alimentação animal.

Dietas ricas em substâncias como o metanol podem causar alterações na fisiologia ruminal, e dependendo do tipo do alimento ocorrem: modificação da população de microrganismos, da taxa de passagem do alimento, bem como da motilidade e velocidade de absorção dos nutrientes. Estes fatores podem causar uma série de distúrbios metabólicos, os quais podem acarretar em perda de eficiência e produção dos animais e, sobretudo, prejuízos a nível econômico para os produtores rurais.

Segundo Tabeão et al. (2007), resultados relevantes têm sido obtidos no Brasil através da avaliação do perfil metabólico de ovinos submetidos a novos sistemas

alimentares, por meio da bioquímica clínica, tais como: determinação das concentrações séricas dos perfis proteico, energético e de algumas enzimas relacionadas à atividade hepática a exemplo da alanina-aminotransferase, aspartato-aminotransferase e gama-glutamilttransferase, além do urinário, uma vez que estas auxiliam no estabelecimento do diagnóstico de alguns distúrbios metabólicos e outras enfermidades.

Diante do exposto, este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão da glicerina bruta nas dieta de cabritos terminados em confinamento sobre o perfil metabólico, proteico, energético, urinário, bem como a avaliação histopatológica do tecido renal e hepático.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia pertencente à Universidade Federal da Bahia, localizada no município de São Gonçalo dos Campos – Bahia, durante o período de novembro de 2013 a janeiro de 2014.

Foram utilizados 32 cabritos mestiços Boer, castrados, com peso inicial de 17,8 ± 2,2 kg e idade variando de 3 a 4 meses, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e oito repetições. Os tratamentos corresponderam aos quatro níveis de glicerina bruta (0; 5; 10 e 15 %) com base na MS da dieta (Tabela 1). Os animais foram vacinados e vermifugados contra ecto e endoparasitas no período pré-experimental e alojados em baias individuais, com piso ripado e suspenso, equipadas com bebedouros e cochos de alimentação, de modo que houvesse acesso à vontade à água e às dietas e instaladas em galpão coberto.

Os cabritos foram mantidos em regime de confinamento durante 69 dias, precedidos de 15 dias destinados à adaptação às instalações, às dietas e ao manejo diário, e nesta fase receberam silagem de sorgo *ad libitum* como volumoso, e proporções crescentes das rações experimentais. Os cabritos foram alimentados duas vezes ao dia, sendo fornecida metade às 08h00 e o restante às 16h00 horas, onde era pesada a dieta dos animal individualmente em uma relação volumoso:concentrado de 60:40, e misturados para o fornecimento a fim de minimizar a seleção pelos animais.

Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes e bromatológica das dietas experimentais.

Ingredientes	Níveis de glicerina bruta na dieta (% de MS)			
	0	50	100	150
----- Ingredientes nas dietas (%) -----				
Grão de milho moído	180,00	120,00	60,00	0,00
Farelo de soja	205,00	215,00	225,00	235,00
Glicerina bruta	0,00	50,00	100,00	150,00
Suplemento mineral	15,00	15,00	15,00	15,00
Silagem de Sorgo	600,00	600,00	600,00	600,00
----- Composição bromatológica (%) -----				
Matéria seca	554,60	557,20	559,80	562,30
Matéria orgânica ¹	941,00	937,10	940,80	941,80
Matéria mineral ¹	50,80	52,30	53,90	55,40
Proteína bruta ¹	149,20	149,80	150,50	151,10
Extrato etéreo ¹	31,30	28,40	25,50	22,60
Fibra em detergente neutro ¹	349,40	343,10	336,80	330,50
Fibra em detergente ácido ¹	166,70	166,30	165,90	165,50
Carboidratos não-fibrosos ¹	419,30	426,40	433,30	440,40
Nutrientes digestíveis totais ²	639,80	639,90	639,90	640,00
Metanol ¹	0,00	3,30	6,60	9,90

¹Valor expresso em gK da matéria seca. ²Nutrientes digestíveis totais estimados pelas equações descritas em NRC, 2001. *Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da UFBA.

Utilizou-se como fonte volumosa a silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) (Tabela 2). O concentrado foi constituído de grão de milho moído, farelo de soja, suplemento mineral específico para caprinos e glicerina bruta (Tabela 1). As dietas foram formuladas para serem isonitrogenadas (15% de PB) segundo as recomendações do *National Research Council* NRC, (2007), de modo a atender as exigências nutricionais para caprinos com potencial de ganhos de peso médio estimados de 150g/dia. Na tabela 2 observa-se a composição dos ingredientes utilizados na dieta.

Para a avaliação da influência dos níveis da glicerina bruta, sobre o perfil metabólico proteico, energético e enzimático hepático foram colhidas de todos os animais amostras de sangue a zero e quatro horas após a alimentação da manhã, por punção da veia jugular, no penúltimo dia do experimento. Para tal, após antisepsia local foram coletados 10 mL de amostra de sangue em tubos *vacutainer* sem anticoagulante. Em seguida, realizou-se a centrifugação a 3.500 rpm por 15 minutos

para a obtenção do soro sanguíneo, sendo este então armazenado em tubos *ependorf* devidamente identificados e conservados em freezer a -20°C para posteriores análises.

Tabela 2. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimental

Item	Ingrediente			
	Silagem de Sorgo	Grão de milho moído	Farelo de soja	Glicerina bruta
Matéria seca	33,55	88,60	87,25	94,00
Matéria orgânica ¹	96,71	98,46	93,52	96,40
Matéria mineral ¹	3,29	1,54	6,48	3,60
Proteína bruta ¹	7,55	6,42	45,03	0,00
Extrato etéreo ¹	3,05	5,15	1,84	0,00
Fibra em detergente neutro ¹	49,03	13,07	15,46	0,00
Fibra em detergente ácido ¹	26,16	1,30	3,63	0,00
Carboidratos não fibrosos ¹	57,90	73,82	31,19	83,01
Nutrientes digestíveis totais ¹	55,00	81,07	80,11	81,30
Glicerol	0,00	0,00	0,00	43,4
Metanol	0,00	0,00	0,00	6,6

¹Valor expresso em % da matéria seca.

Posteriormente as amostras foram conduzidas para o Laboratório de Patologia Clínica pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco, onde foram analisadas e quantificadas as concentrações séricas de ureia, proteína total, albumina, creatinina, colesterol, triglicerídeos, glicose, frutossamina, gama-glutamyltransferase (GGT), alanina-aminotransferase (ALT), aspartato-aminotransferase (AST) e isoenzima MB da creatina quinase (CK-MB) em aparelho bioquímico automático LAB MAX 240 com kits comerciais de reagentes da LABTEST®.

No 68º dia período experimental, foi realizada a coleta spot das amostras de urina dos animais, cerca de quatro horas após o fornecimento matinal da alimentação. Por meio de micção espontânea, a urina foi coletada com auxílio de copos plásticos, e ao final da coleta as amostras foram filtradas com auxílio de gaze, retirando-se uma alíquota de 10 mL de urina. Posteriormente, as amostras foram diluídas em 40 mL de solução de ácido sulfúrico a 0,036N (Valadares et al., 1999). Em seguida, foram acondicionadas em frascos plásticos identificados e armazenadas a -20°C.

No último dia do período experimental, os animais permaneceram em jejum de sólidos. Desse modo, os animais foram transferidos para o frigorífico comercial, localizado no município de Feira de Santana – Bahia, onde foram abatidos de acordo

com as normas vigentes preconizadas pela Instrução Normativa Nº 3 do Ministério da Agricultura e Abastecimento - Secretaria de Defesa Agropecuária (Brasil, 2000). O abate foi realizado após a insensibilização dos animais por eletronarcolese, seguida de sangria através da secção das veias jugulares e as artérias carótidas. Ainda durante o abate, após a realização da esfolagem e evisceração, foram colhidos fragmentos com cerca de 1 cm² do rim e fígado de todos os cabritos, os quais foram acondicionados em frascos e fixados com solução de formol neutro e tamponado a 10%.

Posteriormente as amostras foram conduzidas para o Laboratório de Histologia do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal da Paraíba, onde foram inicialmente processadas pela técnica rotineira de inclusão em parafina. As secções histológicas tiveram sua área para análise padronizada em 4µm e foram posteriormente coradas com hematoxilina e eosina (HE) para subsequente exame histopatológico e avaliação do efeito da glicerina bruta no tecido hepático e renal, segundo Prophet et al. (1992). As variáveis morfológicas avaliadas microscopicamente foram: tumefação hepatocitária, desorganização do parênquima hepático, infiltrado inflamatório, esteatose, congestão

Os resultados das concentrações séricas e urinárias foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e de regressão a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas), versão 9.1 (SAEG, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito das dietas ($P > 0,05$) sobre os valores séricos de ureia (Tabela 3), que se apresentaram um pouco acima dos limites de normalidade descritos para a espécie caprina. Segundo Kaneco (1998) os valores são tidos como padrão quando apresenta-se entre 21,4 - 42,8 mg/dL.

Segundo Andrade-Montemayor et al. (2009), os valores séricos de ureia acima da faixa de normalidade são ocasionados em situações em que há excessivo consumo proteico, baixa ingestão energética ou ainda degradação de forma não sincronizada da energia e proteína. Desta forma, os valores encontrados no presente estudo podem ter ocorrido devido a degradação de forma não sincronizada da energia e proteína. Tendo

em vista que as dietas e consumo de proteína e energia foi semelhante entre os tratamentos, pois as dietas eram isoproteicas e isoenergéticas. Contudo como os tratamentos com inclusão de glicerina bruta apresentaram os maiores valores de ureia sérica, a disponibilização de glicerol pela glicerina pode ter agravado esses teores de ureia, já que o glicerol é rico em energia, possui rápida absorção pela parede do epitélio ruminal e a principal fonte de proteína da dieta (farelo de soja), não possui uma degradação tão rápida assim.

Tabela 3. Níveis séricos de ureia, proteínas totais (PT), albumina e creatinina de cabritos alimentados com dietas contendo glicerina bruta

Variáveis/hora	Níveis de inclusão de glicerina bruta (%)				EPM ¹	Valor-P*		
	0	5	10	15		Lin ²	Quad ³	
Ureia (mg/dL)	0h	74,85	79,15	73,43	82,55	2,2712	0,3242	0,5393
	4h	65,87	76,55	72,81	79,28	1,6554	0,4088	0,6274
PT (g/dL)	0h	6,33	6,61	6,04	6,74	0,1131	0,4114	0,3989
	4h	6,67	6,83	6,24	6,67	0,1120	0,1217	0,9665
Albumina (g/dL)	0h	2,50	2,51	2,33	2,47	0,0385	0,8107	0,6808
	4h	2,58	2,60	2,44	2,46	0,0377	0,8611	0,4933
Creatinina (mg/dL)	0h	0,38	0,41	0,37	0,37	0,0181	0,4744	0,3057
	4h	0,35	0,42	0,37	0,38	0,0194	0,4880	0,4893

¹EPM = Erro padrão da média. ²Significância para efeito linear. ³Significância para efeito quadrático. 0h = antes da alimentação da manhã. 4h = 4 horas após fornecimento da alimentação da manhã. mg/dL = miligrama por decilitro. g/dL = grama por decilitro. Valor-P* = probabilidade significativa ao nível de 5%.

As concentrações séricas das proteínas totais dos cabritos não foram afetadas ($P>0,05$) em nenhuma das coletas pelas dietas avaliadas (Tabela 3). O valor médio da proteína total sérica neste estudo, cujo valor foi de 6,52 g/dL estando na faixa de valores recomendada segundo Kaneko (1997), que é entre 6,4 a 7,0 g/dL. De acordo com Kerr (2003), redução nos níveis proteicos pode estar associada a perdas sanguíneas ou deficiências nutricionais que promovessem debilitação orgânica. O que indica que os animais não estavam com nenhuma deficiência nutricional.

Os teores séricos de albumina não foram afetados ($P>0,05$) pelas dietas (Tabela 3), entretanto os teores médios obtidos encontram-se em torno dos valores de normalidade preconizados para a espécie caprina (Kaneko, 1997). As concentrações séricas de creatinina não foram afetados ($P>0,05$) pelas dietas, apresentando média de 0,38 mg/dL em ambos horários, no entanto valores de referência são reportados por Kaneko et al. (2008) com variação 1,0 a 1,8 mg/dL para caprinos. No presente estudo

todos os tratamentos apresentaram valores de creatinina abaixo do limite inferior. A creatinina é derivada, praticamente em sua totalidade, do catabolismo da creatina presente no metabolismo muscular, além de refletir a taxa de filtração renal, de forma que níveis altos de creatinina são indicadores de alteração funcional dos rins (Silva Neto, 2011).

As concentrações séricas de colesterol e triglicerídeos as 0 horas plasmáticos não foram influenciadas ($P>0,05$) pelas dietas, apenas o triglicerídeos foi influenciado pela inclusão de glicerina bruta na dieta (Tabela 4), diminuindo a medida que se aumentou as doses na dieta. Fato este que pode ter ocorrido pelo decréscimo da ingestão de extrato etéreo, tendo em vista que o mesmo teve seu teor reduzido com a inclusão da glicerina bruta nas dietas (Tabela 1). Entretanto, valores de todas as dietas apresentaram valores abaixo da faixa de normalidade quando comparados a outros trabalhos conduzidos com a espécie caprina no Brasil (Barbosa, et al., 2009; Silva, et al., 2010). Porém o resultado obtido no presente estudo é algo desejável, já que o mercado consumidor atual vem procurando produtos alimentícios de menor quantidade de gordura, e os menores teores encontrados no plasma sanguíneo dos caprinos é um bom indicador que provavelmente não estava ocorrendo grande deposição de gordura no tecido muscular.

Tabela 4. Perfil energético de cabritos alimentados com dietas contendo glicerina bruta

Metabólitos		Níveis de inclusão de glicerina bruta (%)				EPM ¹	Valor-P*	
		0	5	10	15		Lin ²	Quad ³
Colesterol (mg/dL)	0h	43,11	39,91	37,94	36,13	1,4156	0,2250	0,8485
	4h	40,40	37,66	35,85	33,92	1,4467	0,2338	0,9191
Triglicerídeos (mg/dL)	0h	13,07	11,12	12,12	11,74	0,6624	0,7743	0,7369
	4h	18,55	16,47	16,03	15,53	1,3009	0,0433	0,7242
Glicose (mg/dL)	0h	40,50	43,17	36,87	39,70	1,0684	0,3616	0,9699
	4h	47,33	51,42	43,86	44,91	1,2726	0,1065	0,4524
Frutosamina ($\mu\text{mol/L}$)	0h	191,68	196,75	189,51	196,61	2,2400	0,7131	0,8259
	4h	202,19	207,88	194,09	199,96	2,3542	0,3006	0,9847
Triglicerídeos	4h	$\hat{Y} = -0,9529X + 19,0270$				$(R^2 = 85,57)$		

¹EPM = Erro padrão da média. ²Significância para efeito linear. ³Significância para efeito quadrático. 0h = antes da alimentação da manhã. 4h = 4 horas após fornecimento da alimentação da manhã. mg/dL = miligrama por decilitro. $\mu\text{mol/L}$ = micro mol por litro. Valor-P* = probabilidade significativa ao nível de 5%.

As concentrações séricas de glicose e frutosamina plasmáticas não foram influenciadas ($P>0,05$) pelas dietas (Tabela 4). A glicose apresentou valores um pouco abaixo dos citados como referência por Kaneko (1997), entre 50-75 mg/dl, sendo que os valores médios no presente trabalho variaram entre 36,87 e 51,42 mg/dL. A glicose

pode ser utilizada com parâmetro para avaliação metabólica da energia, mas não tem exibido resultados consistentes no monitoramento do metabolismo energético em ruminantes, que normalmente é mensurada pelos ácidos graxos de cadeia curta acético, propionico e butírico, desta forma estes valores da glicose um pouco abaixo do preconizado por Kaneko (1997) não tornam-se preocupantes.

Quanto aos valores de frutossamina sérica, variaram entre 189,51 e 207,88 $\mu\text{mol/L}$, no entanto valores de referência que evidenciem a importância da concentração sanguínea de frutossamina em ruminantes não foram ainda bem estudados no Brasil (Silva Neto, 2011), porém o mesmo avaliando o momentos de coleta de ovinos e caprinos, observou valores num intervalo de 164,68 a 328,88 $\mu\text{mol/L}$ de frutossamina sanguínea para pequenos ruminantes, estes valores podem ser utilizados como referência, entretanto mais estudos são necessários para se poderem estabelecer valores de referência frente a diversos fatores de variação. Deste modo os valores encontrados no presente estudo estão dentro da faixa observada por Silva Neto (2011).

Não foi verificado efeito ($P > 0,05$) das dietas sobre a atividade sérica da gama-glutamyltransferase (GGT), alanina-aminotransferase (ALT) e do aspartato-aminotransferase (AST) (Tabela 5), que se mantiveram dentro dos valores de normalidade para a espécie caprina, segundo Kaneko (2008), os valores normais de AST entre 20 e 56 UI/L e GGT de 20 a 70 UI/L. O valores médios observados no presente trabalho foram de 53,98 UI/L e 49,76 UI/L para AST e GGT respectivamente, indicando a ausência de comprometimento da função hepática dos cabritos. Segundo Duncan e Prasse (1982), o aumento das taxas séricas enzimáticas provenientes do tecido hepático está relacionada à doença hepatocelular, tendo em vista que o grau de aumento é diretamente proporcional ao número de hepatócitos afetados.

Não foi verificado efeito ($P > 0,05$) das dietas sobre a atividade sérica da isoenzima miocárdica da creatina quinase (CK-MB) (Tabela 5), O valor médio observado no presente trabalho foi 191,54 UI/L. A CK-MB é uma isoenzima encontrada principalmente no coração, e sua quantificação pode ser aplicada no diagnóstico do infarto agudo do miocárdio, utilizada em humanos apresentando resultados confiáveis, possui vários trabalhos de pesquisa com roedores (Borboleta et al., 2011; Melo et al., 2008), entretanto não é muito confiável em avaliações a campo por possuir uma meia vida muito curta (Wyatt et al., 1998). Entretanto, Pedroso et al.

(2009) encontraram alteração da CK-MB em bovinos infectados por *Nerium oleander*, planta também conhecida como espirradeira, onde sua ingestão pelos animais acarreta em vários sintomas clínicos, como por exemplo arritmias, paralisias, como e até a morte. Os mesmo observaram efeito onde os valores variaram de 158 e 206 UI/L para 402 e 285 UI/L quando intoxicados com 0,5 e 1,0 g/kg de peso corporal e ainda observaram extensas áreas de necrose hialina no musculo papilar do coração. Demonstrando que é possível que a CK-MB possa ser um indicativo de problemas cardíacos em ruminantes também.

Tabela 5. Atividades enzimáticas da gama-glutamiltransferase (GGT), alanina-aminotransferase (ALT), aspartato-aminotransferase (AST) e isoenzima miocárdica da creatina quinase (CK-MB) em cabritos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta

Variáveis/hora	Níveis de inclusão da glicerina bruta (%)				EPM ¹	Valor-P*		
	0	5	10	15		Lin ²	Quad ³	
GGT (UI/L)	0h	46,96	47,97	46,59	53,76	1,3257	0,1767	0,1967
	4h	49,41	50,39	51,52	51,45	1,0063	0,4747	0,8163
AST (UI/L)	0h	53,27	49,98	43,56	51,83	2,3206	0,5634	0,1678
	4h	63,68	60,55	52,19	61,24	1,9290	0,3788	0,1295
CK-MB (UI/L)	0h	190,68	189,21	193,69	192,00	2,2218	0,7029	0,9822
	4h	194,13	193,79	186,57	192,23	2,2261	0,5414	0,5267

¹EPM = Erro padrão da média. ²Significância para efeito linear. ³Significância para efeito quadrático. 0h = antes da alimentação da manhã. 4h = 4 horas após fornecimento da alimentação da manhã. mg/dL = miligrama por decilitro. g/dL = grama por decilitro. Valor-P* = probabilidade significativa ao nível de 5%.

O fígado dos animais do tratamento sem a inclusão de glicerina bruta apresentaram arquitetura normal sem alterações histopatológicas (Tabela 6), a exceção de um animal que apresentou início de congestão e tumefação celular, não o suficiente para caracterizar tal alteração histológica. Os animais do tratamento com inclusão de 5% de glicerina bruta apresentaram características semelhantes a dos cabritos alimentados sem inclusão de glicerina na dieta, na qual dois animais apresentaram um começo de tumefação celular (hepatocitária) mas não o suficiente para caracterizar essa alteração e também houve um caso de esteatose microvacuolar moderada e outro de congestão (Tabela 6).

Já no tratamento com inclusão de 10% de glicerina bruta na dieta, foram mais frequentes as alterações histopatológicas hepáticas em relação aos dois primeiros tratamentos. Foi encontrado nas lâminas hepáticas desorganização do parênquima hepático, infiltrado inflamatório, esteatose microvacuolar moderada e congestão

hepática (Tabela 6), ressaltando os valores observados para esteatose, em que cerca de 50% dos animais deste tratamento apresentaram a mesma. No tratamento com a maior dose de glicerina bruta na dieta foram encontradas todas as alterações histopatológicas hepáticas avaliadas menos infiltrado inflamatório (Tabela 6). Entre os casos de esteatose, houve um caso severo.

Tabela 6. Lesões histopatológicas do tecido hepático de caprinos Boer x SPRD alimentados com dietas contendo glicerina bruta.

Lesões Histopatológicas (%)	Níveis de inclusão de glicerina bruta (%)			
	0	5	10	15
Tumefação hepatocitária	0,00	0,00	0,00	37,50
Desorganização do parênquima hepático	0,00	0,00	12,50	37,50
Infiltrado inflamatório	0,00	0,00	25,00	0,00
Esteatose	0,00	12,50	50,00	37,50
Congestão	0,00	12,50	12,50	37,50

As respostas diferenciadas dos organismos dos animais quanto a estas características podem indicar sobrecarga hepática, pois os cabritos alimentados com os maiores níveis de glicerina bruta foram acometidos pela maioria das lesões histopatológicas e em maior ocorrência, fato este não verificado (Tabela 6). Essa sobrecarga hepática que o fígado dos animais alimentados com teores mais elevados de glicerina sofreu, pode estar relacionada ao excesso de glicerol prontamente absorvido pelo epitélio ruminal e metabolizado no fígado e direcionado para a gliconeogênese ou então metabolizando o metanol também contido na glicerina.

Na figura 1 pode ser observado as fotomicrografias demonstrando alterações histopatológicas dos fígados de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta.

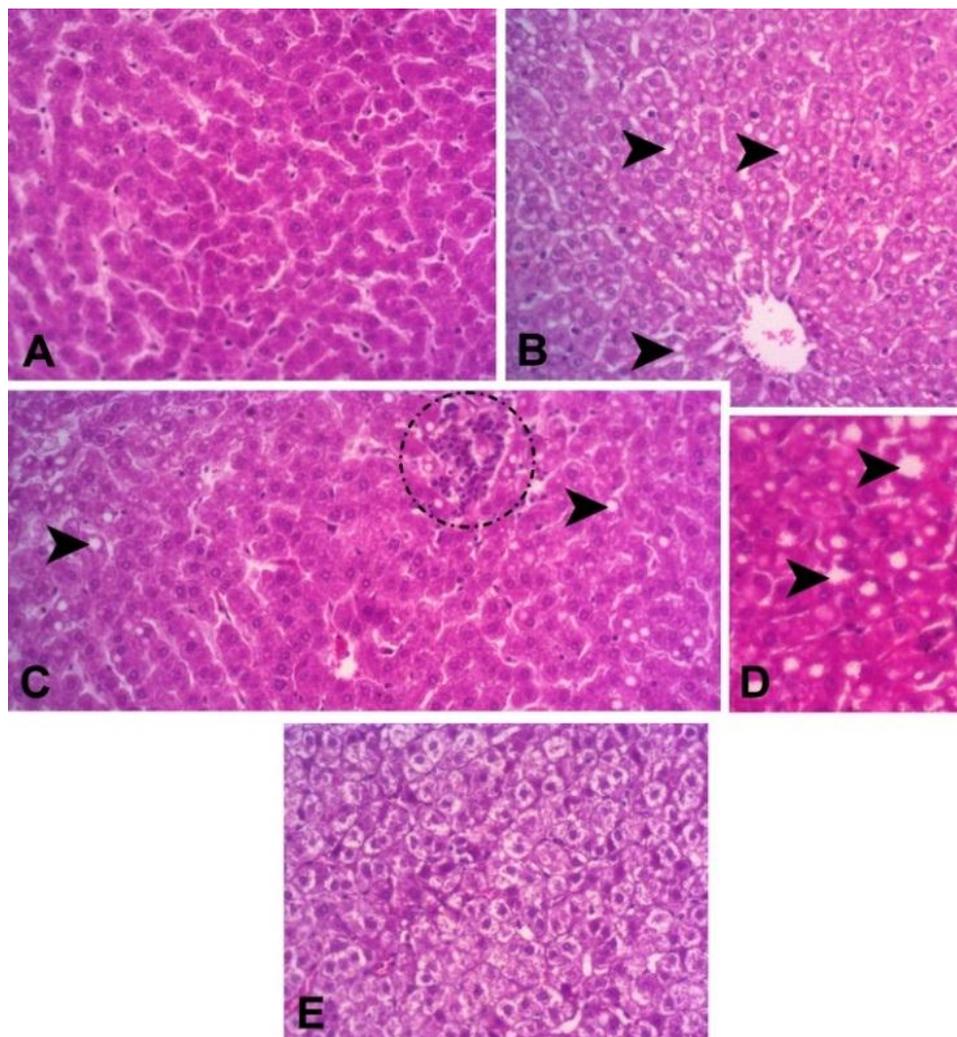


Figura 1. Fotomicrografias de fígado de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta, demonstrando alterações histopatológicas. A) Parênquima hepático normal com arquitetura normal representando o fígado dos animais do tratamento 1. B) Parênquima com esteatose microvacuolar moderada representando animais principalmente dos tratamentos 3 e 4. C) Parênquima hepático de animal do tratamento 3 na qual pode ser observado esteatose moderada e infiltrado inflamatório (círculo tracejado). D) Maior aumento de parênquima hepático esteatótico de animal do tratamento 4. E) Parênquima representativo de animais do tratamento 4 na qual é observada desorganização parenquimal e tumefação do hepatócitos. Ponta de seta indica vacúolos lipídicos indicativos de esteatose. Coloração de hematoxilina-eosina.

Não foi verificada nenhuma alteração histopatológica no tecido renal dos cabritos alimentados com dietas contendo inclusão da glicerina bruta (Tabela 7). Essa resposta demonstra que os níveis de inclusão da glicerina bruta não acarretaram em nenhum problema renal aos cabritos, e desta forma diminuindo o risco de ser acometido por doenças como por exemplo a urolitíase, uma das principais enfermidades que acometem o trato urinário de ruminantes, evitando assim prejuízos econômicos relacionados à

gastos com tratamento, morte dos animais afetados e condenação da carcaça em abate emergencial.

Tabela 7. Lesões histopatológicas dos rins de caprinos mestiços Boer alimentados com dietas contendo glicerina bruta.

Lesões Histopatológicas (%)	Níveis de inclusão de glicerina bruta (%)			
	0	5	10	15
Tumefação hepatocitária	-	-	-	-
Desorganização do parênquima hepático	-	-	-	-
Infiltrado inflamatório	-	-	-	-
Esteatose	-	-	-	-
Congestão	-	-	-	-

Embora não tenha sido verificado efeito das dietas sobre o perfil metabólico, proteico, energético dos cabritos, apresentando-se nos limites de normalidade para a espécie caprina na maioria dos parâmetros avaliados, e mesmo com achados no exame histopatológico do tecido hepático indicando moderada sobre carga, é possível inferir que não houve grandes alterações proporcionadas pelas dietas nos organismos dos cabritos. Portanto, durante o período avaliado e nos níveis de glicerina bruta estudados, é possível recomendar o uso deste coproduto como fonte energética na dieta de cabritos, visto que não foram verificados efeitos deletérios nos animais.

CONCLUSÃO

Não foram verificados efeitos deletérios da glicerina bruta no tecido renal, nem nos perfis séricos proteico, energético e enzimático, apenas gerando danos moderados ao tecido hepático. Sendo indicada a utilização da glicerina bruta com menor teor de metanol na dieta de caprinos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE-MONTEMAYOR, H., GASCA, T. G., KAWAS, J. Ruminant fermentation modification of protein and carbohydrate by means of roasted and estimation of microbial protein synthesis. **Brazilian Journal of Animal Science**. v.38, p.277-291, 2009.

BARBOSA, L.P.; RODRIGUES, M.T.; GUIMARÃES, J.D.; MAFFILI, V.V.; AMORIM, L.S.; GARCEZ NETO, A.F. Condição corporal ao parto e perfil metabólico de cabras alpinas no início da lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.10, p.2007-2014, 2009.

BORBOLETA, L.R.; LABARRÈRE, C.R.; RIBEIRO, A.F.C.; PAES-LEME, F.O.; PAES, P.R.O.; OCARINO, N.M.; MELO, M.M. Perfil bioquímico sanguíneo na intoxicação experimental com extrato de *Mascagnia rigida* (A. Juss.) Griseb. (Malpighiaceae) em coelhos. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.5, p.1113-1123, 2011.

BRASIL, **Ministério Pecuária e Abastecimento**. Instrução normativa n. 3, de 17 de Janeiro de 2000. Aprova o Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. 2000.

KANEKO J. J. et al. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**, 6. ed. San Diego: Academic Press, p.916, 2008.

KANEKO J.J.; HARVEY J.W.; BRUSS M.L. **Appendixes**. In: Kaneko JJ. *Clinical biochemistry of domestic animals*. p.877-901, 1997.

KERR M.G. **Exames Laboratoriais em Medicina Veterinária: bioquímica clínica e hematologia**. 2ª ed. Roca, São Paulo. 2003. 436p.

KREHBIEL, C.R. Ruminant and physiological metabolism of glycerin. **Journal of Animal Science**, v.86, p.392, (E-Suppl. 2), 2008.

MELO, M.M.; VERÇOSA JÚNIOR, D.; PINTO, M.C.L.; SILVEIRA, J.B.; FERRAZ V.; ECCO, R.; PAES, P.R.O. Intoxicação experimental com extratos de *Mascagnia rigida* (*Malpighiaceae*) em camundongos. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.3, p.631-640, 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 450p. 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington, D.C.: National Academic, 292p. 2007.

PEDROSO, P.M.O.; BANDARRA, P.M.; BEZERRA JUNIOR, P.S.; RAYMUNDO, D.L.; BORBA, M.R.; LEAL, J.S.; BRIEMEIER, D. Intoxicação natural e experimental

por *Nerium oleander* (Apocynaceae) em bovinos no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.29(5), p.404-408, 2009.

PROPHET, E. M.; MILLIS, B.; ARRINGTON, J. B; SOBIN, H. L. **Laboratory methods in histotechnology**. Washington D. C. Editora: American Registry of Pathology, p.265, 1992.

SAEG-Sistema para Análises Estatísticas, versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes - UFV, 2007. 1 CD ROM.

SILVA, G.L.S.; SILVA, A.M.A.; NÓBREGA, G.H.; AZEVEDO, S.A.; FILHO, J.M.P.; MENDES, R.S. Efeito da inclusão de fontes lipídicas na dieta de cabras em lactação sobre os parâmetros sanguíneos. **Ciência Agrotecnologia**, v.34, n.1, p.233-239, 2010.

SILVA NETO I.F. **Resposta metabólica da associação da palma miúda (*Nopalea cochenillifera*) com feno de maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii*) e capim Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) na alimentação de ovinos Morada Nova e de caprinos Moxotó**. Garanhuns, PE. Dissertação de Mestrado em Sanidade e Reprodução de Ruminantes, Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, PE. p.50, 2011.

TABELEÃO, V. C.; DEL PINO, F. A. B.; GOULART, M. A. et al. Caracterização dos parâmetros ruminais e metabólicos de cordeiros mantidos em pastagem nativa. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 4, p. 639-646, 2007.

VALADARES, R. F. D.; BRODERICK, G. A.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Effect of replacing alfalfa with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 12, p. 2686-2696, 1999.

WYATT, K.M.; LACBUC, R.; WYATT, G.L. Measurement of creatine kinase MB in canine cardiac patients. **Australian Veterinary Journal**, v.76, n.12, 1998.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

Diante da preocupação atual com o impacto ao meio ambiente, fontes energéticas alternativas tem sido estudadas com o intuito de promover sustentabilidade do ponto de vista econômico, social e ambiental. A partir da extensão territorial brasileira e condições edafo-climáticas satisfatórias ressalta-se o potencial de produção de matérias-primas para a produção do biodiesel.

A glicerina bruta, proveniente da produção do biodiesel, por apresentar teor energético equivalente ao milho moído pode ser utilizada como ingrediente na formulação de dietas para caprinos terminados em confinamento, permitindo a redução dos custos com alimentação em regiões produtoras.

A inclusão da glicerina bruta na dieta embora diminua o desempenho produtivo dos caprinos, não afeta a digestibilidade das dietas, as características quali-quantitativas de carcaça, a qualidade da carne dos cordeiros, a eficiência alimentar e os parâmetros sanguíneos podendo ser utilizada como fonte energética na dieta de cabritos confinados sem comprometer a qualidade do produto final.

A partir dos resultados obtidos no metabolismo dos cabritos, e a ausência de achados no exame histopatológico do tecido renal, constata-se que a glicerina bruta não exerce efeitos deletérios no organismo dos animais nos níveis estudados. Dessa forma, permite a sustentabilidade através do aproveitamento adequado de matérias-primas que seriam lançadas no meio ambiente e causariam impacto ambiental. Além disso, permite a redução dos custos com alimentação uma vez que a energia torna-se o nutriente responsável pelos maiores gastos para os produtores rurais, tendo vista que é requerida em maior quantidade.

APÊNDICES



Ilustrações 1 e 2. Higienização do galpão onde foi conduzido o experimento com cabritos alimentados com dietas contendo glicerina bruta.



Ilustrações 3 e 4. Fornecimento e consumo pelos caprinos das dietas contendo níveis de glicerina bruta.



Ilustrações 5 e 6. Bolsas de coleta de fezes total sendo colocadas e os animais com as bolsas em período de adaptação para a coleta e avaliação da digestibilidade.



Ilustrações 7 e 8. Coleta e aferição de pH do líquido ruminal de caprinos alimentados com dietas contendo glicerina bruta.



Ilustrações 9 e 10. Coleta de sangue e soro de cabritos alimentados com dietas contendo glicerina bruta.



Ilustrações 11 e 12. Pré-abate e carcaças de cabritos alimentados com dietas contendo glicerina bruta.



Ilustrações 13 e 14. Aferindo medidas morfométricas das carcaças de cabritos alimentados com dietas contendo glicerina bruta.



Ilustrações 15 e 16. Aferição da área de olho de lombo e espessura de gordura de cobertura de carcaças de cabritos alimentados com dietas contendo glicerina bruta.



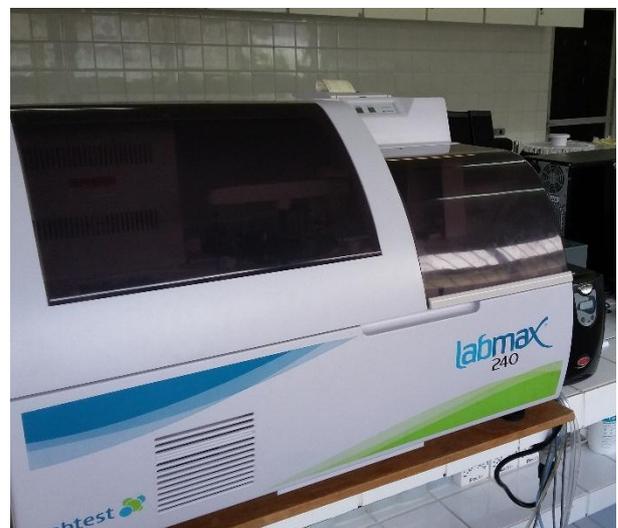
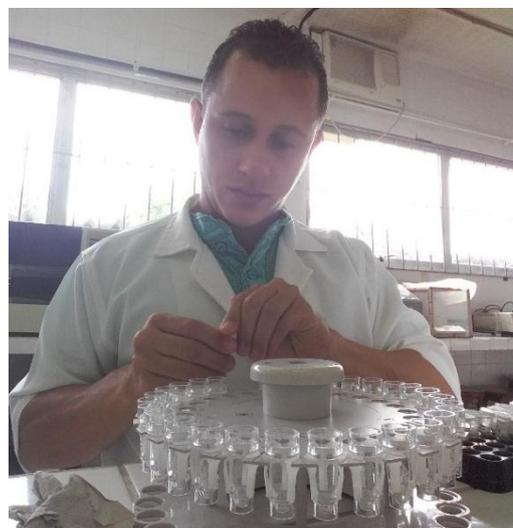
Ilustrações 17 e 18. Realização da análises das características físicas das carnes de cabritos alimentados com glicerina bruta no Laboratório de Análises de Produtos de Origem Animal do CCA/UFPB



Ilustração 19 e 20. Preparação e titulação de amostras de fezes de cabritos alimentados com glicerina bruta para digestão, quantificação de PB.



Ilustrações 21 e 22. Realização da análises de líquido ruminal de cabritos alimentados com glicerina bruta no Laboratório de Forragicultura do CCA/UFPB.



Ilustrações 23 e 24. Realização da análises do perfil metabólico de cabritos alimentados com glicerina bruta no Laboratório de Patologia Clínica da UFRPE.