

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**CAMPUS DOIS VIZINHOS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**GISELE DAIANE SILVEIRA BORGES**

**SUBSTITUIÇÃO DO MILHO POR GLICERINA BRUTA NA DIETA DE**  
**CAPRINOS**

**DISSERTAÇÃO**

**DOIS VIZINHOS**

**2014**

GISELE DAIANE SILVEIRA BORGES

**SUBSTITUIÇÃO DO MILHO POR GLICERINA BRUTA NA DIETA DE  
CAPRINOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, como requisito parcial a obtenção do título de Mestre em Zootecnia – Área de Concentração: Produção Animal.

Orientador: Dr. Vicente de Paulo Macedo

Co-orientador: André Luís Finkler da Silveira

DOIS VIZINHOS

2014

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **Título da Dissertação n° 026**

#### **Substituição do milho por glicerina bruta na dieta de caprinos**

por

#### **Gisele Daiane Silveira Borges**

Dissertação apresentada às oito horas e trinta minutos do dia vinte e oito de fevereiro de dois mil de quatorze, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, Linha de Pesquisa – Produção e Nutrição de Ovinos e Caprinos, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (Área de Concentração: Produção animal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Vicente de Paulo Macedo  
UTFPR Campus Dois Vizinhos  
Orientador

---

Dr. Cássio André Wilbert  
Embrapa

---

Prof. Dra. Emilyn Midori Maeda  
UTFPR Campus Dois Vizinhos

Visto da Coordenação:

---

Prof. Dr. Ricardo Yuji Sado  
Coordenador do PPGZO

---

Dr. João Ari Gualberto Hill  
Iapar

\*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar e de forma mais especial, todos os meus agradecimento serão dados a Deus, pois este trabalho só foi possível por sua graça e amor.

Ao Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), pela oportunidade que dá aos alunos e futuros pesquisadores, em ceder animais, infraestrutura, insumos, técnicas e técnicos. E aos seus funcionários, que de forma humilde e desinteressada ajudaram no experimento.

Especialmente ao pesquisador do Iapar, Dr. André Luís Finkler da Silveira, por todo o apoio, ajuda, ensino, paciência e esclarecimentos desde a elaboração do projeto até a última página da dissertação, fundamental para a realização dessa pesquisa. E ao Dr. João Ari Gualberto Hill pelo apoio e auxílio durante o experimento, e pelo exemplo de conduta profissional.

Ao amigo e colega Me. Zootecnista Paulo André dos Santos Luz, pela importante contribuição no desenvolvimento do experimento e coleta dos dados. Pela dedicação ao trabalho e pela amizade.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), pela oportunidade de ingresso no mestrado e pela disponibilidade de laboratórios para as análises. Assim como a Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao TECPAR pelas análises químicas.

À CAPES, pela concessão de bolsa.

Ao meu estimado orientador Prof. Dr. Vicente de Paulo Macedo, pela confiança, e oportunidades. Por ter sido mais do que um orientador acadêmico, e sim um orientados na vida e na profissão. Agradeço pelo apoio moral e profissional, pela paciência, pela dedicação ao seu trabalho e incentivo ao meu durante esses cinco anos.

À prof. Dra. Emilyn M. Maeda, pela oportunidade e confiança. Pelas ajudas, esclarecimentos e paciência, e pela participação na banca. Assim como ao Cássio André Wilbert, por suas importantes colocações e pela disposição em se deslocar até a UTFPR.

A zootecnista Juliane Machado de Castro, então bolsista, pela ajuda com as análises bromatológicas.

Aos meus pais, acima de qualquer outro, por tudo que me possibilitaram, pelo apoio incondicional, exemplo de vida e fé, incentivo e amor.

Aos meus amigos e namorado, pela amizade, carinho, apoio e descontração, em meio a tanta preocupação, pressão e responsabilidades.

Obrigada!

*“E apliquei o meu coração a esquadrihar, e a informar-me com sabedoria de tudo quanto sucede debaixo do céu; esta enfadonha ocupação deu Deus aos filhos dos homens, para nela os exercitar.” (ECLESIASTES 1:13)*

*“Se o Deus de meu pai, o Deus de Abraão e o temor de Isaque não fora comigo, por certo me despediras agora vazio. Deus atendeu à minha aflição, e ao trabalho das minhas mãos...” (GÊNESIS 31:42)*

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

## RESUMO

Com o objetivo de avaliar os efeitos da inclusão de níveis de glicerina bruta em substituição ao milho na dieta de caprinos de corte, sobre o consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais foram testadas dietas contendo zero, seis, 12 e 18% de glicerina bruta. As dietas foram compostas de 55% de concentrado e 45% de volumoso (feno de tifton 85). Utilizando quatro cabritos Boer fistulados e quatro intactos, em um duplo quadrado latino 4x4. O consumo e digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e fibra FDN não diferiram entre os tratamentos em g/dia e em %PC, o mesmo acontecendo com o consumo de feno e concentrado. O consumo de proteína, FDA e extrato etéreo respondendo de maneira quadrático e linear positivo e negativo aos tratamentos, respectivamente em g/dia e em %PC. Já o consumo de proteína teve efeito quadrático em g/dia e não variou em %PC. A digestibilidade da FDA aumentou linearmente em %PC. O balanço de nitrogênio e o pH não apresentaram diferenças entre os tratamentos. O pH ruminal e o nitrogênio amoniacal apresentaram diferenças significativas em função do horário de coleta. O nitrogênio amoniacal apresentou ainda, efeito linear decrescente com o aumento dos níveis de glicerina. Os resultados deste trabalho mostram que a utilização de glicerina bruta em substituição ao milho na dieta de caprinos, até o nível de 18% não causa efeitos negativos no consumo, digestibilidade da dieta, no pH ruminal e no balanço de nitrogênio. O nitrogênio amoniacal diminui conforme aumenta os níveis de glicerina, porém, se mantém em níveis apropriados para a atividade ruminal.

**Palavras-chave:** Glicerol. Nitrogênio amoniacal. pH. Ruminantes

BORGES, Gisele D.S. **Replacing corn with crude glycerin in the diet of goats**. 2014. 66 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2014.

### ABSTRACT

In order to evaluate the effects of adding levels of crude glycerin replacing corn in the diet of goats on intake, digestibility and ruminal diets containing zero, six, 12 and 18% crude glycerin were tested. The diets were composed of 55 % concentrate and 45% roughage (hay Tifton 85). Using four fistulated Boer goats and four intact on a double 4x4 Latin square. The intake and digestibility of dry matter, organic matter and fiber NDF did not differ among treatments in g/day and %BW, as did the consumption of hay and concentrate. The consumption of protein, ADF and ether extract responding quadratic and linear treatments to positive and negative manner, respectively, in g/day and % BW. The consumption of protein had a quadratic effect in g / day and did not change in % BW. The ADF digestibility increased linearly in % BW. Nitrogen balance and pH did not differ among treatments. The ruminal pH and ammonia nitrogen showed significant differences depending on the time of collection. The ammonia nitrogen also showed linear decrease with increasing levels of glycerin. The results of this study show that the use of crude glycerin replacing corn in the diet of goats, up to the level of 18% does not cause negative effects on consumption, diet digestibility, rumen pH and nitrogen balance. The ammonia nitrogen decreases with increasing levels of glycerin, however, remains at appropriate levels for ruminal activity.

**keywords:** Ammonia. Glycerol. pH. Ruminants

## LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes, por tratamento, das dietas contendo diferentes teores de glicerina bruta em substituição ao milho .....	48
Tabela 2. Composição percentual dos nutrientes, por tratamento, das dietas contendo diferentes teores de glicerina bruta em substituição ao milho .....	48
Tabela 3. Composição percentual da glicerina bruta.....	49
Tabela 4. Composição Química dos Alimentos .....	49
Tabela 5. Médias e Coeficientes de Variação (CV%) para consumo em g / dia e em % Peso Corporal (% PC) de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), fibra em detergente neutro (CFDN), fibra em detergente ácido (CFDA), extrato etéreo (CEE), feno (CFEN) e concentrado (CCON) para os tratamentos com diferentes percentuais de glicerina. ....	53
Figura 1. Relação entre o consumo de FDA (CFDA) e o consumo de feno (CFENO), em g/dia .....	55
Tabela 6. Médias e coeficientes de variação (CV%) para digestibilidade de matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), proteína bruta (DPB), fibra em detergente neutro (DFDN), fibra em detergente ácido (DFDA), extrato etéreo (DEE) e balanço de nitrogênio para os tratamentos com diferentes percentuais de glicerina.....	56
Tabela 7. Médias de pH ruminal em função do tempo de coleta e dos tratamentos .....	59
Tabela 8. Médias de Nitrogênio Amoniacal (N-NH <sub>3</sub> ) em mg / dL de líquido ruminal em função do tempo de coleta e dos tratamentos, em função dos diferentes percentuais de glicerina bruta. ....	61
Figura 2. Produção de Nitrogênio Amoniacal (N-NH <sub>3</sub> , mg / dL), em relação aos tratamentos testados .....	62



## SUMÁRIO

1. Introdução .....	10
2. Revisão Bibliográfica .....	12
2.1. Alimentos Alternativos .....	12
2.2. Glicerina.....	13
2.3 Glicerina na alimentação de ruminantes .....	16
2.4 Consumo .....	21
2.5 Digestibilidade .....	23
2.6 Balanço de Nitrogênio.....	26
2.7 pH Ruminal .....	26
2.8 Nitrogênio Amoniacal (N-NH <sub>3</sub> ).....	29
3. Hipótese de Pesquisa .....	32
4. Referências .....	33
Efeitos da utilização de glicerina bruta em substituição ao milho na dieta de caprinos de corte no consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais.....	44
Resumo.....	44
Palavras-chave.....	44
Abstract .....	45
Keywords .....	45
Introdução .....	45
Material e Métodos .....	47
Resultados e Discussão .....	52
Conclusão.....	63
Referências.....	63
5. Considerações Finais .....	66

## 1. INTRODUÇÃO

A caprinocultura é uma atividade perfeitamente adaptável às mais variadas regiões e sistemas de produção, inclusive aos adotados no Paraná. Visando a máxima eficiência dessa atividade, tem se intensificado a pesquisa e adaptação de novas tecnologias, inclusive na nutrição.

Os caprinos são ruminantes com características diferenciadas dos demais ruminantes domésticos. São selecionadores hábeis, o processo de mastigação é mais eficiente, utilizam eficientemente a fibra, tem maior tolerância à escassez de água e apresenta aceitabilidade á dietas ricas em grãos, com pouca tendência a acidose ruminal (RAPPETTI; BAVA, 2008).

O sistema de criação intensivo é bastante utilizado em pequenos ruminantes, visando intensificar a produção, diminuindo o tempo de abate e garantindo carcaças melhor acabadas. As principais vantagens são o rápido ganho de peso, diminuição da carga parasitaria e menor idade ao abate possibilitando maior rotatividade econômica (LAGE et al., 2010). A desvantagem desse sistema é que se torna oneroso, pois o custo com concentrado é, geralmente, mais elevado do que a pastagem, principalmente por utilizar ingredientes como farelo de soja e de trigo e milho. Assim sendo, a nutrição é um dos fatores determinantes na produção animal, através da correta alimentação é possível suprir as exigências nutricionais e então garantir que os animais expressem seu máximo potencial de produção. Em contrapartida, os maiores custos de produção estão agregados, justamente, na nutrição. Deste modo torna-se necessário pesquisar alimentos substitutivos, com as mesmas qualidades nutricionais, porém mais viáveis economicamente (RIBEIRO, 1997).

Pela necessidade de amenizar os prejuízos ambientais causado pela utilização exacerbada dos combustíveis fósseis, e para substituí-los, visto que as fontes naturais estão sendo cada vez menores, surgiram setores com o objetivo de se especializar nas pesquisas e produções de combustíveis renováveis, como o biodiesel. Mesmo assim, existem coprodutos resultantes do processamento desse combustível que acabam se acumulando no ambiente, sem destino apropriado, gerando também, problemas ambientais.

O Brasil apresenta vantagens agrônômicas, disponibilidade hídrica e matéria-prima, o que o torna um país com potencial para produção de energia renovável. Estima-se que a atual produção brasileira de biodiesel seja da ordem de dois milhões de m<sup>3</sup> anuais, com produção

de glicerina em torno de 10% do volume total, sendo que ainda não existe legislação específica para o descarte deste coproduto. Dessa forma, esse produto tem sido armazenado e se acumulado nas usinas, tornando-se um problema econômico e ambiental (D`AUREA, 2010).

Segundo a Food and Drug Administration (FDA, 2006), não existem empecilhos para a utilização de glicerina na alimentação animal, tanto de ruminantes quanto de não ruminantes desde que o metanol não ultrapasse a quantidade de 150 mg/kg de glicerina. Estudos mostram que pode ser incluído na dieta de ruminantes na proporção de até 15% da matéria seca, sem qualquer perda na produção ou ingestão (DONKIN, 2008). O glicerol quando metabolizado no rúmen é fonte de ácidos graxos de cadeia curta, principalmente o propionato, sendo utilizado para a produção de energia (D`AUREA, 2010).

Em regiões com disponibilidade de compra, a glicerina é uma das alternativas de substituição aos alimentos energéticos, e pode facilmente ser incorporada a ração de ruminantes, especialmente aos caprinos, sem interferir no desempenho dos animais ou mesmo na qualidade da carne, minimizando os custos e dando um destino seguro a esta. Porém, são necessários estudos aprofundados sobre os efeitos dessa substituição, e principalmente da dosagem segura para consumo, sem afetar o animal de forma negativa.

Aliando a necessidade de acrescentar a nutrição animal produtos mais baratos e dar um destino ecologicamente correto a esses coprodutos, este trabalho tem por objetivo avaliar os efeitos da inclusão de níveis de glicerina bruta em substituição ao milho na dieta de caprinos de corte, sobre o consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ALIMENTOS ALTERNATIVOS

Na nutrição de ruminantes há uma tendência às pesquisas com enfoque na procura de alimentos alternativos, uma vez que técnicos e produtores empenham-se na diminuição de custos com a alimentação. Desta forma, a utilização de coprodutos ou mesmo resíduos agroindustriais na alimentação de ruminantes vem sendo pesquisada visando melhorar os índices produtivos e o menor impacto ambiental (ABDALLA et al., 2008).

As pesquisas com alimentos alternativos estão sendo realizadas não apenas em razão da diminuição dos custos de produção animal, mas também por razões relacionadas a meio ambiente, lucros das indústrias produtoras desses resíduos ou coprodutos e diminuição da utilização em rações dos produtos utilizados também para consumo humano.

Alimentos como farelo de soja e milho tem sido os focos principais para serem substituídos por ingredientes alternativos, visto sua importância na alimentação humana e também nos custos que esses produtos agregam a ração. Em virtude de ser caracterizado como ingrediente essencialmente energético e aquele protéico, têm sido encontrados ótimos ingredientes substitutivos, entre eles a glicerina bruta, oriunda do biodiesel, em substituição ao milho.

Os resíduos agroindustriais são bons materiais a serem utilizados como alimentos alternativos, especialmente os resultantes de colheitas de oleaginosas e cereais ou mesmo de frutíferas, tubérculos ou raízes (LINHARES; SOUZA JUNIOR, 2008). Porém, sempre antes de utilizar um novo produto são necessários diversos estudos relacionados às características alimentares. Essas avaliações devem levar em consideração a composição químico-bromatológica, conversão alimentar, consumo e digestibilidade dos alimentos, presença de fatores anti-nutricionais, tudo para testar a eficiência alimentar e segurança no tocante a produção animal.

Os fatores negativos devem ser levados em consideração em primeiro plano, pois podem anular os possíveis benefícios agregados ao produto. Sendo assim, antes da tomada de decisão, é importante pesquisar questões como disponibilidade na região, possíveis problemas

de armazenamento, fatores antinutricionais, percentual a ser incluído na dieta e o custo agregado.

A glicerina bruta tem sido um desses ingredientes promissores. Pelo fato de ter sabor adocicado e ser aceita facilmente pelos animais, não diminuindo o consumo (PEISKER; DERSJANT-LI, 2006). Além disso, a grande prerrogativa desse coproduto está em ser energético, podendo assim substituir, em partes ou na totalidade, os concentrados energéticos, em especial o milho. Os relevantes interesses na glicerina para consumo animal estão focados em fatores científicos, econômicos e ambientais. Assim assegurando a pertinência de pesquisas com esse coproduto, visando conhecer seus riscos e benefícios na nutrição animal.

## 2.2 GLICERINA

A produção de biodiesel no Brasil vem crescendo exponencialmente, assim, a glicerina, que é o principal coproduto desta produção, vem sendo lançada ao mercado em abundância, visando o destino adequado desse produto, e a diminuição do impacto ambiental (DIAS et al., 2009).

De acordo com a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, todo óleo diesel comercializado no Brasil deve conter biodiesel (PORTAL DO BIODIESEL, 2012). No ano de 2008, a mistura ficou em 3%, e em 2009, de 4%. E a partir de 2010, o biodiesel passou a ser adicionado ao óleo diesel na proporção de 5% em volume, conforme a Resolução do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) nº 6 de 16/9/2009 (ANP, 2012).

O biodiesel, substituto natural do diesel, é produzido através de produtos naturais, como a gordura animal, óleos vegetais e óleos reciclados (utilizados para frituras) (RAMOS, 2003). O Brasil é um dos países promissores na fabricação de biodiesel, pela disponibilidade de matéria-prima e de indústrias de óleos vegetais e etanol.

No tocante ao biodiesel de óleos vegetais, diversas espécies estão sendo utilizadas para produção do bicomcombustível no Brasil, tais como mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, amendoim, pinhão manso e principalmente a soja. Esse potencial de produção do biodiesel gera fontes de renda importantes para produtores através de coprodutos como a glicerina, e

uma série de outros (torta, farelo etc.) que podem agregar valor industrial (PORTAL DO BIODIESEL, 2012).

O principal coproduto do biodiesel é a glicerina, sendo a produção da mesma equivalente a 10% do volume total de biodiesel produzido, aproximadamente (DASARI et al., 2005). Para que não se torne um problema ambiental, e agregue prejuízo às indústrias de bicomcombustíveis, é importante que a glicerina tenha destino apropriado, preferencialmente que seja comercializada, possibilitando lucros.

O glicerol é o nome comum do composto orgânico 1, 2, 3 propanotriol, sua fórmula química é  $\text{OH-CH}_2\text{-CH(OH)-CH}_2\text{-OH}$  (PACHAURI; HE, 2006). É um álcool formado por 3 carbonos e 3 grupos oxidrilas (O), cada um dos quais pode combinar com um ácido graxo. O primeiro a isolar esse composto foi Carl W. Scheele no ano de 1779, enquanto era realizado a separação por aquecimento de uma mistura de litargírio ( $\text{PbO}$  – nome comercial do óxido de chumbo), feita com óleo de oliva (THE SOAP AND DETERGENT ASSOCIATION, 1990). Essa descoberta pode comprovar que os óleos e as gorduras possuem um composto natural chamado glicerol.

O termo glicerina refere-se ao glicerol na forma comercial, com pureza acima de 85%, pertencente à função química álcool, líquido a temperatura ambiente ( $25^\circ\text{C}$ ), higroscópico, inodoro, viscoso, oleoso e de sabor adocicado (IUPAC, 1993). É também um produto solúvel em água e álcool nas mais diversas proporções, porém insolúvel em éter, acetato de etila e dioxano e totalmente insolúvel em hidrocarbonetos (LOPES et al., 1999). É possível a comercialização de glicerina de forma bruta, que é a sua forma natural, ou seja, sem qualquer tipo de purificação, ou ainda em forma purificada.

Na glicerina bruta, podemos encontrar sabões, metanol e etanol (álcool), água, diacilglicerol, monoacilglicerol, polímeros e oligômeros de glicerol em diferentes proporções e a porcentagem de glicerol normalmente é acima de 65% (OOI et al., 2004). No processamento é acidificado geralmente com  $\text{HCl}$  ou  $\text{H}_2\text{SO}_4$  que são ácidos mais baratos, ou com  $\text{H}_3\text{PO}_4$  com custo mais alto. Nesse processamento, de três fases, ocorrem reações entre o ácido inorgânico com os íons dos sabões, depositando assim certa quantidade de sal na fase inferior do líquido. Na fase intermediária são depositados principalmente glicerol e álcool e na fase superior, ácidos graxos livres (RIVALDI et al, 2008). O produto gerado apresenta acima de 80% de glicerol e álcool, e água e corantes em quantidades variadas. Após, é feita a recuperação do álcool, essa glicerina com excesso de ácidos passa por uma neutralização com

NaOH e um tratamento térmico a 70°C, com a finalidade de eliminar componentes voláteis (OOI et al., 2004).

Na glicerina também podem ser encontradas impurezas, os sabões, ocasionados pela saponificação, que é reação química que acontece entre os ácidos graxos presentes na glicerina e uma base forte, quando aquecida. Além disso, são encontrados cloreto de sódio e potássio e o metanol, produzidos durante o processamento para fabricação do biodiesel (GUERRA, 2010). Durante essa produção o metanol é utilizado para a transesterificação, porém uma parte é recuperada no processo, e reciclado de forma incompleta. Quando em grandes quantidades esse metanol pode oferecer risco quando fornecido a animais, porém em níveis seguros pode produzir benefícios para meio ambiente, com a diminuição de gases poluentes (MENTEN; MIYADA; BERENCHTEN, 2008).

A glicerina gerada pelo processo de obtenção do biodiesel não possui legislação específica para seu descarte, e grandes quantidades desse coproduto estão sendo acumulado nas usinas, o que pode prejudicar o aspecto ecológico do biodiesel. Dessa forma há necessidade de encontrar um destino apropriado e lucrativo. Assim, tem sido utilizada por vários setores industriais, principalmente as indústrias farmacêuticas, de cosméticos e de higiene bucal (MILLI; GRIPA; SIMONELLI, 2011). Porém a produção em larga escala de biodiesel proporciona a produção de glicerina em excesso, não sendo totalmente absorvida por esses setores, tornando-se uma alternativa a utilização também na produção animal.

Até a invenção da dinamite, em 1866 a glicerina não tinha destino econômico apropriado, fato totalmente contraditório com o atual, pois hoje a glicerina possui mais de 1500 destinos diferentes em indústrias dos mais variados produtos (USSEC, 2007). A utilização desse coproduto é destinado na seguinte proporção: 40% do total produzido é destinado a indústrias de cosméticos, como emoliente e umectante; 24% destinado a indústria alimentícia, como umectante e conservante; 18% é utilizado para síntese de resinas e ésteres; 7% nas indústrias farmacêuticas, como emoliente e na fabricação das cápsulas de medicamentos; e 11% para outros usos, como lubrificante de máquinas, para aumentar a resistência de fibras do fumo, para amaciar e aumentar a flexibilidade de fibras têxteis, entre outras funções (WILBERT, 2012).

## 2.3 GLICERINA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

Para o atendimento das exigências nutricionais do animal, o principal meio é a ingestão de matéria seca, assim como o correto funcionamento do metabolismo, possibilitando a digestão e absorção apropriada. Nesse sentido, é fundamental testar os alimentos novos, de forma a verificar os índices de ingestão e digestão.

Para utilizar um coproduto na alimentação animal, esse ingrediente deve trazer benefícios à produção, mantendo ou melhorando os índices zootécnicos e não interferindo na qualidade dos produtos de origem animal (DIAS et al, 2009). Nenhuma restrição ao uso da glicerina na nutrição animal foi relatada, quando utilizado em níveis seguros. Sendo assim, pode se tornar um ingrediente comum em rações, com preço e qualidade competitivos quando comparado ao milho e farelo trigo, principalmente em regiões produtoras de biodiesel (PEREIRA et al., 2008).

O glicerol foi liberado para consumo humano em 1959, sendo reconhecido como substâncias não tóxicas, e considerada pelo Food and Drug Administration dos Estados Unidos como substância “GRAS” (Generally Regarded as Safe) (DONKIN; DOANE, 2007). No Brasil sua utilização foi liberada e regulamentada em 1999, com a resolução de nº 386, de 5 de Agosto de 1999 (ANVISA, 1999). Na nutrição animal o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento apresenta a Instrução Normativa de Nº 42 do MAPA, de 16 de dezembro de 2010, sendo que para utilização da mesma é necessário ter mínimo de 80% de glicerol, máximo de 12% de umidade e menos de 150 ppm de metanol (MAPA, 2010).

Segundo Silveira et al. (2009), a glicerina pode ser utilizada na alimentação de ruminantes por ser altamente energética (4.320 kcal de energia bruta por kg para o glicerol puro) e apresentar alta eficiência metabólica pelos animais, além de possibilitar a redução dos custos da dieta, substituindo o milho. Esse coproduto é recomendado como fonte energética principalmente para ruminantes de alta produção, pois se assemelha ao propilenoglicol, substância gliconeogênica. Schröder; Südekum (1999) afirmam que o glicerol pode ser utilizado como substância gliconeogênica em dietas de ruminantes, sem alterar a digestibilidade dos nutrientes.

A composição da glicerina é de carbonos ligados a hidroxilas, pela quebra de um triglicerídeo feita por álcool juntamente com um catalisador. É essencialmente fonte de



carbono que são assimiláveis por leveduras e bactérias com a finalidade de obter energia (MATURANA, 2011). A sua ingestão melhora a eficiência na utilização de energia, possibilitando assim diminuir a produção de gás metano. Isso é possível porque a síntese de propionato é maior quando consumido alimentos com esse coproduto, reduzindo assim a disponibilidade de moléculas de carbono e hidrogênio essenciais para a produção do gás (SERRAÑO, 2011).

Em experimento com vacas leiteiras, Linke et al. (2004) puderam relatar que o glicerol pode ter uma concentração energética até 20% maior do que o grão de milho. Na produção de energia, Lebzien; Aulrich (1993), observaram na glicerina 9,5 MJ EL<sub>1</sub>/Kg, ou seja, 2271 Kcal/Kg de energia líquida de lactação em vacas leiteiras submetidas a testes de digestibilidade. Eckl et al. (2008), avaliando quatro ovinos da raça Merino, relatam 15,6 MJ/Kg ou 3728 Kcal/Kg de energia metabolizável na matéria seca.

Lee et al. (2011), também comparando a glicerina com o grão de milho, observaram *in vitro* que o glicerol propicia menor produção de metano. Isso indica que ao fornecer glicerina na dieta de ruminantes há um menor desperdício de energia e melhora no processo fermentativo ruminal. Os mesmos autores compararam a incubação do grão de milho e da alfafa, associados ou não ao glicerol, e puderam relatar que quando associado ao glicerol esses alimentos produziram mais propionato e menos metano.

O glicerol é metabolizado por microrganismos como *Selenomonas ruminantium*, que fermentam amido e açúcares solúveis, produzindo ácido propionico (SILVA; LEO, 1979), porém também são fermentadas por bactérias anaeróbicas facultativas, mas de forma quase inexpressiva (HOBSON; MANN, 1961). 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 laminites, por causar o abaixamento do pH ruminal.

Krehbiel (2008) relata que o glicerol absorvido de forma intacta pelo epitélio ruminal é destinado, primordialmente, a produção de glicose no fígado. Sendo convertido pela glicerolquinase, juntamente com o ATP, em glicerol-3-fosfato e ADP ao nível de fosfato triose, possibilitando a produção de glicose pela gliconeogênese. Além do fígado, a gliconeogênese pode acontecer nos rins, porém 80 a 90% das vezes ocorrem no fígado.

O glicerol também pode fazer parte do tecido adiposo e está presente nos fosfolipídios da membrana celular, por ser componente da síntese de triglicerídeos, fazendo parte desses (LEHNINGER; NELSON; COX, 2011). As rotas conhecidas quando o glicerol é ingerido são: 44% é fermentado no rúmen, 43% é absorvido e 13% desaparece por passagem. Os primeiros estudos relacionados à fermentação do glicerol *in vitro*, relatam que esse produto gera propionato, lactato, succinato e acetato. Mais tarde, os trabalhos *in vivo* passaram a demonstrar que os principais ácidos graxos voláteis (AGV) produzidos são o propionato e o butirato (KREHBIEL, 2008).

O glicerol presente na glicerina é rapidamente fermentável no rúmen, e apresenta taxas de fermentação de 39 a 69%. Com a ingestão do mesmo, são desencadeadas sínteses de triacilgliceróis e fosfolipídeos, no fígado e tecido adiposo. Após sua fermentação ruminal, a produção de ácidos graxos de cadeia curta é alterada, e há mais estímulos para a produção de ácido propionico (DONKIN, 2008), porém também são observados aumento nas concentrações de butirato e valerato (ABUGHAZALEH et al., 2011).

Nos ruminantes a glicose não é absorvida diretamente, como nas demais espécies, por isso a gliconeogênese é tão importante para esses animais. Os carboidratos consumidos passam pela fermentação ruminal, sendo convertidos a ácidos graxos voláteis, então aproximadamente 90% da glicose absorvida é transformado em propionato, que é um desses ácidos (YOUNG, 1977). Em contrapartida, Remond et al. (1993) cita em seu trabalho que a proporção de glicerol transformado em propionato é de 35 a 69%.

Resumidamente, a gliconeogênese inicia-se no rúmen, onde os polissacarídeos são hidrolisados a monossacarídeos, sendo o principal monossacarídeo a glicose. Posteriormente a glicose é convertida a ácidos graxos voláteis, que são absorvidos. Quando a gliconeogênese tem origem do propionato, os microrganismos ruminais fermentam os carboidratos alimentares, formando o ácido graxo volátil. O propionato é absorvido pelo epitélio do rúmen, e transportado ao fígado pelo sistema circulatório. Nesse órgão, o propionato é convertido a succinil-CoA, passando então a fazer parte do ciclo de Krebs, gerando oxalacetato, e posteriormente é convertido em glicose (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

O glicerol ingerido oralmente que escapa da fermentação ruminal intacto, ou o glicerol produzido no tecido adiposo pela lipase dos triglicerídeos, passa a fazer parte da gliconeogênese através da di-hidroxiacetona-fosfato, no fígado. Primeiramente esse glicerol é fosforilado pela enzima glicerol-quinase a glicerol-3-fosfato, após é oxidado pela enzima

glicerol-3-fosfato desidrogenase, dando origem ao di-hidroxiacetina-fosfato, que é intermediário da via gliconeogênica (González & Silva, 2006).

Segundo Brockman; Greer (1980), a gliconeogênese a partir do ácido propionico não é influenciada pela insulina e pelo glucagon, o maior responsável é a disponibilidade dietética. Assim, para que haja glicose em níveis apropriados é necessário o consumo adequado de substratos na dieta.

Após a ingestão, 50 a 70% do glicerol consumido desaparece do rúmen em até 4 horas. Mesmo não sendo um carboidrato, sua fermentação gera ácidos graxos de cadeia curta, especialmente o propionato (DONKIN, 2008). Além deste, são relatados aumentos de ácido acético (WRIGHT, 1969) e butírico (CZERKAWSKI; BRECKENRIDGE, 1972; REMOND et al., 1993).

Os microrganismos ruminais são capazes de se adaptar a fermentação do glicerol da dieta em menos de sete dias (KIJORA et al., 1998). Após o período de adaptação, os microrganismos podem fermentar o glicerol a ácidos graxos voláteis de forma quase imediata. Mesmo sem adaptação, Remond et al. (1993) puderam observar perfeita degradação do glicerol no primeiro dia de fornecimento, indicando que é um alimento perfeitamente adaptável a dieta animal. Bergner et al. (1995) testando *in vitro* o tempo de desaparecimento de diferentes níveis de glicerina puderam relatar o desaparecimento de mais de 90% da incubação com 5% de glicerina em 2 horas, a dieta com 10% de glicerina em 4 horas e na dieta com 15 a 25% de inclusão em 6 horas.

Segundo Schröder; Südekum (2007), a glicerina pode ser incluída nas dietas de ruminantes em até 10% da matéria seca, mesmo em diferentes purezas. Até esse nível não se observa quedas no consumo de sólidos e água ou efeito negativo na digestibilidade nos ingredientes da dieta, na degradação ruminal e no desenvolvimento dos microrganismos. Porém, Lage et al. (2010), puderam observar que a inclusão de glicerina bruta na dieta de cordeiros passou a ser prejudicial ao consumo e desempenho a partir de 6% da dieta.

DeFrain et al. (2004), apontando outras finalidades da ingestão de glicerina, observou que em vacas pós parto, a glicerina pode ser utilizada visando a redução dos sintomas da cetose, sendo um substrato glicogênico, além de melhorar o desempenho na lactação.

Kijora et al. (1998) monitorando os efeitos sanguíneos do consumo de alimentos contendo glicerina, relatam que ao consumir 200 g de glicerina os novilhos utilizados

apresentaram aumento de 0,06 para 0,19 mMol de glicerol no plasma e que desse glicerol observado, 85% desapareceu em 2h e não foi detectado no duodeno.

Buscando conhecer o comportamento da glicerina no fígado, Kristensen; Raun (2007) mediram a capacidade de absorção e o metabolismo do glicerol nesse órgão. Foram utilizadas vacas fistuladas, as quais receberam diretamente no rúmen 925g/dia de glicerina (85% de glicerol). Assim, foi possível recuperar 10% do glicerol na veia porta, sendo quase todo absorvido pelo fígado. Esse glicerol absorvido é posteriormente convertido em glicose pelo organismo. O restante do glicerol não recuperado provavelmente foi convertido em propionato no rúmen, participando então da gliconeogênese.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA orienta o fornecimento de no máximo 12% da matéria seca de glicerina nas dietas. Esclarecendo que faltam pesquisas com doses acima dessa, sendo necessárias comprovações científicas de que esse produto é viável e seguro em níveis mais elevados (MAPA, 2010).

Muitas afirmações controversas são encontradas em trabalhos com glicerina bruta na alimentação de ruminantes. Em sua maioria essas diferenças são referente aos níveis de extrato etéreo, o que justifica as diferenças de consumo, digestibilidade e demais variáveis. Segundo Gott; Eastridge (2010), a explicação para tal fato é que a glicerina apresenta composições bastante variáveis em função do método de processamento e dos ingredientes utilizados para sua produção.

A glicerina comumente comercializada apresenta diversas variações em sua composição, o que ocasiona resultados produtivos diferentes quando empregado na nutrição animal. Nos EUA, Gott (2009) analisou amostras de glicerina e relatou teores entre 1,28 a 8,98% de matéria mineral, na Alemanha Schröder; Südekum (1999) observou teores de glicerol entre 66,3 a 99,8% nas amostras de glicerina. Já no Brasil, Lage et al. (2010) encontraram em suas amostras de glicerina 36,20% de glicerol, 8,66% de metanol e 46,48% de ácidos graxos. Esses dados de ácidos graxos são incomuns, pois normalmente a glicerina bruta apresenta menos de 1% em sua composição. A explicação para tal resultado são as falhas no processamento e separação do biodiesel e glicerol, o que pode acontecer em agroindústrias de pequeno porte.

Segundo Garton et al. (1961) e Trabue et al., (2007) a degradação ruminal da glicerina é muito elevada, assim como sua fermentação. Por ser rapidamente fermentada no rúmen (39 a 69%) são observadas alterações na produção de ácidos graxos voláteis, sendo o propionato o

principal AGV produzido (Donkin, 2008). Avaliando a fermentação ruminal da glicerina, tanto *in vivo* quanto *in vitro*, Johns (1953) relatou também a transformação desse a propionato. O mesmo autor avaliando o também o tempo de incubação ruminal, observou que após duas horas 80% do glicerol foi encontrado no fluido ruminal, já com quatro horas de incubação 50% do glicerol havia desaparecido. O desaparecimento total do glicerol foi observado 24 horas após o início da fermentação. O mesmo resultado foi relato por Garton et al. (1961).

## 2.4 CONSUMO

O consumo alimentar é determinado por diversos fatores, que influenciam diretamente na aceitação do alimento fornecido. Entre eles estão às próprias características do animal, como peso, tamanho e produção, também listadas estão às características do alimento (energia, facilidade e necessidade de mastigação, fibra em detergente neutro efetiva, volume, capacidade de enchimento, densidade) e suas condições de ingestão (disponibilidade, espaço no cocho, tempo e frequência de alimentação), assim como os fatores ambientais (temperatura e duração do dia) (FÁVARO, 2010).

Além dos fatores citados anteriormente, a ingestão de matéria seca, é determinada por dois fatores fisiológicos, o enchimento físico do rúmen, principalmente quando são consumidos alimentos com alto teor de fibra e pelos mecanismos químicos, que ocorrem quando consumido alimentos com alta densidade energética (GILVERTE, 2011).

Por ter natureza higroscópica, a glicerina agrega alguns fatores favoráveis às rações. Essa capacidade de aumentar a retenção de água é estimulante para a ingestão de concentrado. Além disso, a glicerina aumenta a palatabilidade do alimento, por ter sabor adocicado e aroma suave (ELAM et al., 2008).

A glicerina bruta apresenta riscos ao consumo em virtude do seu elevado teor de metanol, porém em níveis seguros, esse risco é descartado quando esse produto é fornecido aos ruminantes, pois o metanol é produzido no rúmen de forma natural, na fermentação de pectina. No trabalho de Pol; Demeyer (1988), a infusão contínua de metanol no rúmen de ovinos possibilitou observar que todo metanol é convertido em metano.

Outro fator que afeta o consumo é a produção de propionato, e 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).

Quando há baixo consumo de matéria seca, é possível observar também baixos índices de desempenho. Existem níveis determinantes de consumo 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, tendem a não ter essas exigências alimentares supridas (LAGE et al.,2010).

Em experimento com vacas lactantes, Costa et al (2013) puderam observar que as doses de 0, 4, 8 e 12% de glicerina na matéria seca não influenciaram o consumo de matéria seca ou matéria orgânica, ou mesmo no consumo dos nutrientes, sendo eles proteína bruta, fibra em detergente neutro, carboidratos não fibrosos e nos nutrientes digestíveis totais.

Em bovinos de corte, Serrano (2011) avaliou os níveis de 0, 3, 6, 9 e 12% de glicerina, concluindo que as diferentes formulações não apresentaram diferenças significativas entre si, quando observado o consumo de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, FDN e carboidratos não fibrosos.

Também trabalhando com bovinos, Fávero (2010) forneceu dietas contendo 0, 5, 10, 15 e 20% de glicerina bruta na matéria seca e também não relatou diferenças entre os tratamentos nos resultados de consumo da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro e ácido corrigidos para proteína (kg/dia, %PV/dia e g/kgPV<sup>0,75</sup>)

Parsons, Shelor e Drouillard (2009), também utilizando glicerina na dieta de novilhos de corte, em níveis de 0, 2, 4, 8, 12 ou 16%, relataram que os níveis mais elevados que 8% reduziram o consumo de matéria seca, porém as dietas com teor de 12 e 16% de glicerina não afetaram o ganho de peso dos animais.

Ao avaliar dietas contendo 0, 10, 20 e 30% de glicerina bruta, Pellegrin et al. (2012) não relataram variação de consumo nos cordeiros lactentes pesquisados. O mesmo resultado foi descrito por Terré et al. (2011), utilizando 0 g/kg, 50 g/kg e 100 g/kg de concentrado e por Gunn et al. (2010), testando 0, 5, 10, 15, e 20% da matéria seca de glicerina bruta 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.

Donkin; Doane (2007) avaliando dietas contendo 0; 5; 10 e 15% de glicerina bruta, fornecidas a vacas holandesas em lactação, relataram que apenas nos primeiros sete dias de fornecimento da dieta de maior proporção de glicerina houve uma pequena diminuição do consumo, não ocorrendo nos demais tratamentos. Fato que comprova a capacidade de adaptação do animal a essa dieta.

Touros Holandês em terminação não tiveram o consumo e a eficiência alimentar afetados pelos tratamentos de 0, 4, 8 ou 12% de glicerina no experimento de Mach et al. (2009). De mesmo modo, Linke et al. (2004) não relataram mudanças nessas variáveis ao testar dietas contendo 0; 0,5 e 1 kg de glicerina, oferecidas para vacas em lactação.

Para obtenção de melhores resultados na produção animal, após a inclusão de um novo produto é necessário submeter os animais a um período de adaptação à dieta. É possível visualizar essa afirmação no trabalho de Donkin et al. (2009) , pois esses autores relatam diminuição no consumo de dietas a base de glicerol nos primeiros sete dias de fornecimento. Em contrapartida, Mach et al. (2009) testando as doses de 0; 40; 80 e 120 g de glicerina bruta por kg de matéria seca na dieta de touros Holandês não obtiveram diferenças significativas entre as dietas, após os animais serem submetidos a adaptação a dieta. O mesmo foi descrito por Wilbert (2012), ao testar a inclusão dos mesmos níveis para vacas Jersey em lactação.

## 2.5 DIGESTIBILIDADE

A digestibilidade e o consumo são os principais fatores na determinação da qualidade do alimento. As avaliações de digestibilidade possibilitam conhecer as proporções de nutrientes absorvíveis da dieta.

Mesmo com as vantagens que a utilização da glicerina apresenta, algumas desvantagens podem ser relatadas. Alguns estudos demonstram que a glicerina bruta pode causar a diminuição da digestibilidade da fibra alimentar, sendo esse ainda um fator controverso, por haver muitas informações desconstruídas. A causa para essa imprecisão pode ser sua composição, processamento e origem.

Alguns nutrientes da dieta podem apresentar maior digestibilidade em virtude do rápido metabolismo do glicerol no rúmen. Sendo que fatores como pureza da glicerina utilizada, qualidade dos demais ingredientes e situação fisiológica dos animais também podem influenciar nesses resultados.

O glicerol, presente na glicerina, pode ser utilizado em dietas para ruminantes, sem restringir a digestibilidade dos nutrientes, pois é uma substância gliconeogênica (SCHRÖDER; SÜDEKUM, 1999). Testando *in vitro* níveis de até 40% de glicerina, Krueger et al. (2010) concluíram que a adição desse coproduto, mesmo em níveis elevados, não afeta a digestibilidade da fibra. Schroder; Sudekum (1999), afirmam que a digestibilidade e a síntese microbiana não é afetada pelo consumo de dietas contendo até 10% de glicerina bruta. Esses autores, utilizando ração peletizada, com até 15% de glicerina bruta, não relataram diferenças na digestibilidade da matéria orgânica, digestibilidade da FDN e na digestibilidade do amido.

Os dados de Souza (2013) demonstram que dietas contendo 60g de glicerina fornecidas 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 que a glicerina ter concentrações de extrato etéreo inferiores a 70 g/kg da matéria seca (SOUZA, 2013). Quando esse valor de extrato etéreo é superior em um alimento, a digestibilidade da FDNcp pode ser prejudicada (FARIAS et al., 2012), pois ocorre a inibição do desenvolvimento das bactérias ruminais, principalmente as celulolíticas e os protozoários (GOULARTE et al., 2011). Os lipídios também provocam uma proteção física da fibra, impedindo a adesão pelos microrganismos, dificultando assim 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 Fávero (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

Schroder; Sudekum (1999) relatam em seu trabalho com vacas que existem uma tendência de diminuição da digestibilidade da parede celular dos alimentos quando se é



fornecido dietas com 10% de glicerina bruta e grande quantidade de amido é fornecido, porém sem interferir na digestibilidade da matéria seca e digestibilidade da matéria orgânica.

De forma contrária, Roger et al. (1992) relataram diminuição na digestibilidade dessa fração alimentar. Paggi et al. (1999) avaliando a digestibilidade *in vitro* da matéria seca em dietas com 100, 200 ou 300 mmol de glicerol, relataram diminuição de 8 a 15%. Abo El-Nor et al. (2010), também analisando *in vitro* 0, 36, 72 ou 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) (ABUGHAZALEH et al., 2011).

Pereira et al. (2008), testando níveis de 0; 0,5; 1; 2; 3; e 5% de glicerina bruta associada ao capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu observaram que a digestibilidade *in vitro* dessa forragem diminuiu em níveis acima de 2% de glicerina, porém o animal doador não recebia dieta a base de glicerina. Abo El-Nor et al. (2010) testando, também *in vitro*, os níveis de 0; 3,6; 7,2 e 10,8% de glicerina relataram a diminuição linear da digestibilidade da FDN com o aumento do teor de glicerina na dieta.

Ao testar *in vitro* os níveis de 0; 15; 30 e 45% de glicerol em substituição ao milho, AbuGhazaleh et al. (2011), não relataram mudanças no pH ruminal, porém a concentração de DNA da bactéria ruminal *Butyrovibrio fibrisolvens* diminuiu nos tratamentos com 30 e 45% de glicerol. Isso demonstra que níveis mais elevados de glicerina na dieta afetam o desenvolvimento dessa bactéria, prejudicando assim a digestibilidade da fibra.

Ao testar a digestibilidade de dietas contendo 0, 5, 10 e 15% de glicerina, fornecidas a vacas Holandesas em lactação, Donkin; Doane (2007) observaram aumento na digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica com a inclusão de glicerina. A eficiência alimentar não apresentou diferenças entre as dietas, mesmo com a diminuição da digestibilidade da FDN no tratamento com 5% de glicerina. Wang et al. (2009), testando *in situ* dietas contendo 0; 100; 200 e 300 g de glicerol/dia obtiveram aumento linear na digestibilidade da fibra em detergente neutro.

## 2.6 BALANÇO DE NITROGÊNIO

O balanço refere-se ao saldo líquido de nitrogênio retido, após serem deduzidas do total ingerido as quantidades excretadas via fezes e urina. Os valores são expressos em gramas de nitrogênio por animal por dia e em gramas por quilo de peso corporal.

Segundo Gentil et al. (2007), o balanço de nitrogênio nos ruminantes é um indicador da eficiência na utilização de nitrogênio e na quantificação das perdas do mesmo para o ambiente. Quantificando as possíveis perdas de proteína ou compostos nitrogenados em relação à proteína consumida.

Os compostos nitrogenados são melhores aproveitados quando são consumidas dietas com teores menores de proteína, possibilitando assim que não haja desperdícios (CAVALCANTE et al., 2006). A elevada exceção de uréia além de desviar energia que seria utilizada na manutenção corporal de nitrogênio em níveis necessários, ainda gera altos custos biológicos ao animal (SILVA, 2013). Segundo Van Soest, (1994) para converter amônia em uréia há um custo de 12 Kcal por grama de nitrogênio.

## 2.7 pH RUMINAL

Além do consumo e da digestibilidade, a fermentação ruminal também deve ser avaliada quando se pretende incluir um novo alimento a dieta de ruminantes. Os dados dessa fermentação possibilitam conhecer o potencial do alimento, tanto para melhor ou pior desempenho (MODESTO et al., 2008).

Nos ruminantes os principais parâmetros influenciadores na digestibilidade de alimentos fibrosos são o pH e a amônia ruminal. O pH ruminal pode ser explicado como um fator químico que influencia diretamente no crescimento de microrganismo ruminais e está diretamente relacionado com os produtos finais da fermentação ruminal. Pode ser influenciado principalmente pela dieta, mas também por fatores como consumo, relação volumoso: concentrado e manejo alimentar (FÁVARO, 2010).

O pH é influenciado pelos produtos finais da fermentação ruminal e influencia a taxa de crescimento das bactérias e protozoários ruminais (CHURCH, 1979). Os valores mais baixos são encontrados logo após o consumo de alimentos, e se mantêm nessa condição por algumas horas (SILVA; LEÃO, 1979). O pH decresce também quando a dieta oferece pouca quantidade de fibra ou excesso de carboidratos rapidamente fermentáveis, mesmo se o animal tiver uma boa secreção salivar, que é o tamponante natural (RUSSELL et al., 1992), como no caso dos caprinos. O menor valor é atingido entre 0,5 e 4 horas após a alimentação (ORSKOV, 1986).

A faixa de pH ideal para o bom desenvolvimento da atividade microbiana ruminal é entre 6,2 a 7,2, sendo que em situações em que o pH mantenha-se abaixo de 6,2 o tempo de colonização das partículas alimentares aumenta, aumentando também o tempo de degradação ruminal, diminuindo a taxa de digestão (VAN SOEST, 1994).

Quando os valores de pH encontram-se menores que 6, a degradabilidade do alimento no rumen é comprometida, pois o desenvolvimento dos microrganismos celulolíticos e metanogênicos é prejudicado. Em situações de pH baixo, como após o consumo de carboidratos rapidamente fermentáveis, é favorecido o desenvolvimento de microrganismo produtores de ácido propiônico e lático (BERGMAN, 1990). Valores baixos de pH provocam a diminuição da digestão da proteína, celulose, hemicelulose e da pectina. Porém, a digestão do amido sofre menos efeito desse abaixamento do pH (HOOVER; STOKES, 1991).

Segundo Kamra (2005), o pH é determinante para o desenvolvimento ruminal, sendo fundamental para definir a concentração e composição da população de microrganismos. Quando ocorre um desequilíbrio no pH, alterações nas bactérias e protozoários são visíveis, ocasionando competição entre bactérias amilolíticas e fibrolíticas. Os microrganismos amilolíticos apresentam vantagens quando há redução no pH, pois seu desenvolvimento é mais acelerado, passando a dominar o ambiente ruminal (CHIZZOTTI et al., 2007). De acordo com MACEDO JUNIOR et al. (2012), essa mudança metabólica pode provocar a inibição de enzimas que degradam fibra, e aumento das degradadoras de carboidratos não fibrosos.

Com o aumento das bactérias amilolíticas, há um aumento na digestibilidade dos carboidratos não fibrosos, que são prontamente degradados e desaparecem rapidamente do ambiente ruminal (BISPO et al., 2007). Além da diminuição de bactérias fibrolíticas, o acréscimo desses microrganismos amilolíticos provoca a diminuição de protozoários ciliados,

sendo que as bactérias e protozoários ciliados são responsáveis por 70 a 85% da digestão dos alimentos ingeridos (BORGES et al., 2011).

Para manter os microrganismos ruminais é necessário a ingestão e mastigação regular. Esse processo possibilita o aumento de saliva, que serve como tampão e elimina do rúmen os ácidos, produtos microbianos e resíduos não digestíveis. Possibilitando assim o desenvolvimento adequado dos microrganismos, por regular o pH, temperatura, umidade e manter o local livre de oxigênio (SILVA; LEÃO, 1979; OWENS e GOETSCH, 1988; VAN SOEST, 1994).

Mertens (1992), afirma que quando o pH atinge níveis abaixo de 6,7 a digestão das fibras são prejudicadas. Strobel; Russell (1986), corroborando com esses dados, relatam que o abaixamento do pH para 6,0 leva a diminuição da digestão dos carboidratos. Além da diminuição da utilização dos carboidratos, o pH baixo nesse experimento reduziu em 69% a síntese de proteína microbiana, o mesmo informado por Hoover; Stokes (1991).

Comumente, ao acompanhar o comportamento do pH, é possível observar que os valores mínimos são encontrados até quatro horas após a alimentação (ARGÔLO, 2012). Os maiores valores são encontrados antes do fornecimento de alimentos, pois em jejum o pH se mantém próximo da neutralidade, isso pode ser demonstrado nos experimentos de Lavezzo et al. (1998), que observaram em ovinos, no tempo zero, pH de 6,98, Goularte et al. (2010) relatam 7,04 com 30% concentrado, Morais et al. (2009) obtiveram resultados acima de 7,5 trabalhando com novilhos de corte e Prado et al. (2010) observaram pH 6,74 no tempo zero, utilizado dietas com própolis e monensina sódica para bovinos.

Bergner et al. (1995) observaram fermentação total da glicerina 4 horas após a alimentação dos animais. Esse resultado demonstra o aumento da taxa de fermentação no rúmen quando são utilizados alimentos com maiores níveis de ácidos graxos de cadeia curta, e alimentos contendo glicerol. Isso porque o glicerol quando metabolizado no rúmen é fonte de ácidos graxos de cadeia curta, principalmente o propionato (D`AUREA, 2010).

Wang et al. (2009), testando *in situ* dietas contendo 0; 100; 200 e 300 g de glicerol/dia, relataram diminuição linear no pH ruminal conforme o acréscimo de glicerina com intervalo de 6,58 a 6,23, o mesmo descrito por Mach et al. (2009) *in vivo*. Ao contrario desses resultados, Schröder; Südekum (1999) observaram que a inclusão de até 15% de glicerina não prejudica o pH ruminal, pois manteve valores acima de 6,2. Já Parsons (2010), analisando dietas *in vitro*, com 0; 2 e 4% de glicerina, obtiveram aumento linear no pH.

## 2.8 NITROGÊNIO AMONIAL (N-NH<sub>3</sub>)

O termo Nitrogênio Amoniacal corresponde ao nitrogênio resultante de um composto derivado do amoníaco e é usualmente expresso em miligramas de nitrogênio por litro (mg/L). A amônia ruminal é produzida a partir da degradação da proteína verdadeira do alimento, do nitrogênio não protéico ingerido, do nitrogênio reciclado na forma de uréia para o rúmen e da degradação de microrganismos ruminais mortos (FÁVARO, 2010).

Os microrganismos celulolíticos dependem da amônia para seu desenvolvimento, sendo esta a única fonte de nitrogênio para os mesmos. A utilização eficiente de amônia pelos microrganismos depende, principalmente, da quantidade de energia disponibilizada para o rúmen (SANTOS, 2006).

Quanto aos níveis de nitrogênio amoniacal para fermentação adequada, Van Soest (1994) afirma que deve ser de 10 mg N-NH<sub>3</sub>/dL de conteúdo ruminal. Já o valor mínimo para possibilitar o crescimento microbiano é de 5 mg N-NH<sub>3</sub>/dL de conteúdo ruminal (SATTER; SLYTER, 1974). A máxima fermentação ruminal é obtida quando os valores de nitrogênio amoniacal estão entre 19 e 23 mg N-NH<sub>3</sub>/dL de líquido ruminal (MEHREZ et al. 1977). Níveis elevados sugerem acúmulo de amônia, podendo causar danos ao animal. Porém, os valores ótimos, mínimos e máximos citados não devem ser considerados fixos, pois a síntese de proteína e captação de amônia pelos microrganismos depende da fermentação dos carboidratos da dieta.

O pico de amônia é dependente da degradabilidade ruminal e da taxa de passagem dos alimentos. Assim, quando se pretende conhecer o horário de pico de amônia precisa-se levar em consideração esses dados (SANTOS, 2006)

Segundo Broderick et al.(1991), a quantidade de amônia presente no rúmen varia conforme a taxa de produção e de utilização da mesma. As fontes de abastecimento de amônia no rúmen são comuns, sendo: consumo de dietas contendo nitrogênio não protéico, reciclagem de uréia através da saliva, consumo e degradação ruminal da proteína verdadeira dos alimentos e da degradação de microrganismos ruminais mortos. Já a retirada dessa amônia ocorre com a absorção ruminal, passagem para o trato posterior e também pela incorporação em proteína verdadeira (NOLAN, 1993; VAN SOEST, 1994).

A concentração de N-amoniaco no rúmen é dependente da taxa de produção e a taxa de absorção ruminal do mesmo. Em regiões de clima tropical a concentração de amônia no rúmen, para a digestão eficiente da matéria seca, deve ser superior a 10 mg/dL. Porém, para a maximização desses resultados e para taxas de consumo de matéria seca superiores é necessário concentrações acima de 20 mg/dL de amônia ruminal (LENG, 1990).

A utilização eficiente de amônia pelos microrganismos depende, principalmente, da energia disponibilizada para o rúmen. Os microrganismos celulolíticos dependem da amônia para seu desenvolvimento, sendo esta sua única fonte de nitrogênio (VAN SOEST, 1994).

Pelo fato da amônia ruminal ser produzida pela degradação de compostos nitrogenados, quando os níveis de amônia apresentam-se altos é indicio de que há proteína dietética ou degradada em excesso no rúmen, ou então, que as fontes de carboidratos e nitrogênio não estão sincronizadas (BAKER et al., 1995).

Os microrganismos celulolíticos são dependentes de amônia para seu desenvolvimento, e conseqüente degradação da fibra. Assim, a redução da concentração de amônia no rúmen com o acréscimo de glicerina nas dietas pode provocar a redução na digestibilidade da FDN alimentar. O aumento de glicerol no rúmen provoca aumento no desenvolvimento dos microrganismos, havendo, conseqüentemente, mais consumo de amônia.

A diminuição da concentração de amônia também pode ser explicada pela redução da atividade proteolítica provocada pelo glicerol. Paggi et al. (1999) observaram, *in vitro*, uma redução de até 20% nessa atividade, ao utilizar níveis 300 mM de glicerol. Além disso, 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.

Nolan (1993) relata que a amônia encontrada no rúmen chega até as células dos microrganismos através de difusão passiva, principalmente na forma de  $\text{NH}_3$ . Quando há pouca concentração de amônia, o desenvolvimento dos microrganismos fica debilitado, isso porque o ATP utilizado no crescimento destes é utilizado para captação de compostos nitrogenados pela glutamina/ glutamato-sintetase (ARGÔLO, 2007). Em situações contrárias, a alta concentração de amônia no rúmen estimula a captação de N pela glutamato-desidrogenase (RENNÓ et al., 2000)

Em razão da maior parte das bactérias ruminais ser dependente do nitrogênio para seu desenvolvimento, a uréia que chega ao rúmen é rapidamente hidrolisada pelos

microrganismos e a amônia resultante passa a fazer parte do nitrogênio bacteriano. Porém para que esse processo possa se realizar é necessário que haja disponibilidade de energia (MAGALHÃES et al., 2005). A amônia que não é consumida pelos microrganismos, é absorvida pela parede ruminal, entrando na corrente sanguínea. No fígado essa amônia passa a fazer parte do ciclo da uréia (NOLAN, 1993, SILVA e LEÃO, 1979).

Os carboidratos e a proteína são os componentes da dieta determinantes para a fermentação do nitrogênio e da energia, sendo que a hidrólise da proteína é responsável pela disponibilidade de nitrogênio amoniacal, aminoácidos, peptídeos e ácidos graxos de cadeia ramificada para os microrganismos (NOCEK e RUSSEL, 1988).

A análise de amônia do rúmen possibilita conhecer o balanço energético e protéico da dieta consumida, quando são visualizadas altas concentrações de amônia há indícios de que a há proteína sendo degradada no rúmen em excesso ou então poucos carboidratos degradados (RIBEIRO et al., 2001). De qualquer maneira, é necessário cuidados durante a coleta de dados, pois além da dieta fornecida, balanço de energia e proteína e solubilidade, a concentração de amônia varia conforme o local de amostragem no rúmen (EARDMAN et al., 1986).

### **3 HIPÓTESE DE PESQUISA**

A utilização de glicerina bruta em substituição ao milho na dieta de caprinos não apresenta diminuição de consumo, digestibilidade, ou influências indesejáveis nas variáveis ruminais em caprinos.



#### 4 REFERÊNCIAS

ABO EL-NOR, Sah et al. Effects of differing levels of glycerol on rumen fermentation and bacteria. **Animal Feed Science and Technology**, 2010.

ABDALLA, Adibe L. et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.260-258, 2008.

ABUGHAZALEH, A.A.; ABO EL-NOR, Sah; 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 DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel.asp>>. Acesso em: 10 março de 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução nº 386, de 5 de agosto de 1999. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/386\\_99.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/386_99.htm)>. Acesso em: 16 julho 2013.

ARGÔLO, Lizziane S. **Análise molecular e do processo fermentativo da microbiota ruminal utilizando extratos etanólicos de leguminosas arbóreas tropicais**. 2012. 167p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. ITAPETINGA – BA. 2012.

BAKER, L.D.; FERGUSON., J.D.; CHALUPA, W. Responses in urea and true protein of milk to different protein feeding schemes for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.78, p.2424-2434, 1995.

BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**, v.70, n.2, p.567-590, 1990.

BERGNER, H., KIJORA, C., CERESNAKOVA, Z., SZAKACS, J. In vitro studies on glycerol transformation by rumen microorganisms. **ArchivfürTierernaehrung**48, 245-256, 1995.

BISPO, Safira V. et al. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1902-1909, 2007.

BORGES, Naida C. et al. Parâmetros físicos-químicos e microbiológicos do fluido ruminal de ovinos confinados submetidos a crescente níveis de mistura mineral energético-protéica. **Ciência Animal Brasileira**, v.12, n.3, p.392-399, 2011.

BROCKMAN R.P.; GREER, C. Effects of somatostatin and glucagon on the utilization of propionate in glucose production in vivo in sheep. **Australian Journal of Biological Science**, Melbourne, v.33, n.4, p.457-464, 1980.

BRODERICK, G.A.; WALLACE, R.J.; ORSKOV, E.R. Control of rate and extent of protein degradation. In: TSUDA, T.; SASAKI, Y.; KAWASHIMA, R. (Eds.). **Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants**. New York: Academic Press, 1991. p.542-592.

CAVALCANTE, Maria A.D. et al. Níveis de proteína bruta em dietas para bovinos de corte: parâmetros ruminais, balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.203-210, 2006.

CHIZZOTTI, Mário L. et al. Consumo, digestibilidade e excreção de uréia e derivados de purinas em vacas de diferentes níveis de produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.138-146, 2007.

CHURCH, D.C. **Digestive physiology and nutrition of ruminates**. In: CHURCH, D.C. (Ed.) *Digestive physiology*. 3.ed. Corvallis: Oxford Press, 1979. 350p.

COSTA, Lucas T. et al. Análise bioeconômica de níveis de glicerina bruta em dietas de vacas lactantes alimentadas com cana-de-açúcar. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 833-844, 2013

CZERKAWSKI, J.W.; BRECKENRIDGE, G. Fermentation of various glycolytic intermediates and other compounds by rumen micro-organisms, with particular reference to methane production. **British Journal of Nutrition**. v. 27, p. 131-146, 1972.

DASARI, M. A. et al. Low-Pressure Hydrogenolysis of Glycerol to Propylene Glycol. **Applied Catalysis A: General**, New York, v. 281, n. 1-2, p. 225-231, 2005.

D`AUREA, André P. **Glicerina, coproduto da produção de biodiesel, na Terminação de novilhas da raça nelore**. 2010. 59 p. Dissertação - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, 2010.

DEFRAIN, J.M. et al. Feeding glycerol to transition dairy cows: effects on blood metabolites and lactation performance. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.4195-206, 2004.

DIAS, Juliano C. et al. Avaliação da inclusão de glicerina bruta, coproduto da extração de biodiesel, na dieta de caprinos de corte: II - Desempenho e rendimento de carcaça. In: Simpósio Paranaense de ovinocultura, 14; Simpósio Paranaense de caprinocultura, 2; Simpósio sul brasileiro de ovinos e caprinos, 2. 2009, Curitiba. **Anis...** Curitiba, 2009.

DONKIN, Shawn. S. et al. Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 92, 5111-5119. 2009.

DONKIN, Shawn S. Glycerol from biodiesel production: the new corn for dairy cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, suplemento especial, p.280-286, 2008.

DONKIN, Shawn S.; DOANE, Perry. Glycerol as a feed ingredient in dairy rations. In: TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 12<sup>th</sup>., 2007, Ft. Wayne. **Proceeding from the 2007 Tri-State Dairy Nutrition Conference**. Columbus: The Ohio State University, 2007. p.97-103.

EARDMAN, Richard A.; PROCTOR, G.H.; VANDERSALL, J.H. Effect of rumen ammonia concentration on 'in situ' rate and extent of digestion of foodstuffs. **Journal of Dairy Science**. v.29, n.9, p.2312-2320. 1986.

ECKL, E.; STEINGAB, H.; DROCHNER, W. Energetic evaluation of glycerol in ruminants. **Society of Nutrition Physiology**, v.17p.126, 2008.

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.

FARIAS, Mariana 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, Vanessa 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

GARTON, G.A. LOUGHT A.K.; VIOQUE, E. Glyceride hydrolysis and glycerol fermentation by sheep rumen contents. **J. Gen. Microbiol.** 25, 215-225.

GENTIL, Renato S. et al. Digestibilidade aparente de dietas contendo silagem de cana-de-açúcar tratada com aditivo químico ou microbiano para cordeiros. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.29, n.1, p.63-69, 2007.

GILAVERTE, Susana et al. Digestibilidade da dieta, parâmetros ruminiais e desempenho de ovinos Santa Inês alimentados com polpa cítrica peletizada e resíduo úmido de cervejaria. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.639-647, 2011.

GONZÁLEZ, Félix H.D.; SILVA, Sérgio C. **Introdução à Bioquímica Clínica Veterinária**. 2ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006. 360 p.

GOTT, Paige. Variation in the chemical composition of crude glycerin. 2009. Disponível em: <[https://kb.osu.edu/dspace/bitstream/1811/37082/1/Paige\\_N\\_Gott\\_HONORS\\_THESIS.pdf](https://kb.osu.edu/dspace/bitstream/1811/37082/1/Paige_N_Gott_HONORS_THESIS.pdf)>. Acesso em: 25 outubro 2013.

GOTT, Paige; EASTRIDGE, Maurice L. Variation in the chemical composition of crude glycerin. In: 19<sup>th</sup> ANNUAL TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 19., 2010, Fort Wayne. Anais... Fort Wayne: Indiana, 2010.p.1-7.

GOULARTE, Sandra R. et al. Ácidos graxos voláteis no rúmen de vacas alimentadas com diferentes teores de concentrado na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.6, p.1479-1486, 2011.

GOULARTE, Sandra R. et al. Consumo de nutrientes e parâmetros ruminiais de vacas alimentadas com diferentes níveis de energia na dieta. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte , v. 62, n. 2, abr. 2010.

GUERRA Rafael L.H. **Glicerina Bruta na Alimentação de Frangos de Corte**, 2010. 67 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2010.

GUNN, P.J. et al. Effects of crude glycerin on performance and carcass characteristics of finishing wheter lambs. **Journal of Animal Science**, v.88, p.1771-1776, 2010.

HOBSON, P.N.; MANN, O.S. The isolation of glycerol-fermenting and lipolytic bacteria from the rumen of the sheep. **Journal of General Microbiology**, v.25, 227-240, 1961.

HOOVER, W.H., STOKES, S.R. Balancing carbohydrate and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3630-3644, 1991.

IUPAC. **International Union of Pure and Applied Chemistry**. A Guide to IUPAC Nomenclature of Organic Compounds – Recommendations, 1993.

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.

JOHNS, A.T. 1953. Fermentation of glycerol in the rumen of sheep. New Zealand. **Journal Science and Technology**. 35:262-269.

KAMRA, D.N. Rumen microbial ecosystem. **Current Science**, v.89, n.1, p.124-135, 2005.

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

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

KIJORA, C. et al. Research note: investigation on the metabolism of glycerol in the rumen of bulls. **Archiv für Tierernährung**, v.51, p.34-348, 1998.

KRISTENSEN, N.B.; RAUN B.M.L. Ruminal fermentation, portal absorption, and hepatic metabolism of glycerol infused into the rumen of lactating dairy cows. In: Energy and Protein Metabolism and Nutrition –International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition, 2., 2007 Ortigues - Marty, **Anais...Marty**: EAAP Publication. Wageningen Academic Publishers. 2007. P. 355-356.

LAGE, Josiane et al. Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.9, p.1012-1020, 2010.

LAVEZZO, Otávia E.N.M.; LAVEZZO, Wagner; WESCHSLER, Francisco S. Estado de desenvolvimento do milho. 3. Avaliação de ensilagens por intermédio de parâmetros de fermentação ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.27, n.1, p.171-178. 1998.

LEBZIEN, P.; AULRICH, K. Zum Einfluss von Glycerin auf die Rohrnährstoffverdaulichkeit und einige Pansenparameter bei Milchkühen. **VDLUFÄ-Schriftenreihe**, v. 37, p. 361-364, 1993.

LEE, S.Y. Glycerol as a feed supplement of ruminants: In vitro fermentation characteristics and methane production. **Animal Feed Science Technology**. 166-167, 269-274.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, David L; COX, Michael M. **Princípios de Bioquímica**. 5 ed. Sarvier, São Paulo, 725 p. Cap. 12, p.223-290, 2011.

LENG, R.A. Factors affecting the utilization of “poor-quality” forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Research Review**, v.3, n.3, p.277-303, 1990.

LINHARES, Cheyla M.S.; SOUZA JUNIOR, João B.F.DE. Alimentos alternativos para ruminantes. **Pubvet**, v. 2, n. 34, Ed. 45, Art. 337, 2008.

LINKE, P.L. et al. Ruminal and plasma responses in dairy cows to drenching or feeding glycerol. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.87, p.343, 2004.

LOPES, F.D; REVILLA, J.L.G; MUNILLA, M.H. Glicerol. In: **Manual dos Derivados da Cana-de-açúcar: Diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço do melaço, outros derivados, Resíduos, energia**. Brasília: ABIPTI, cap. 5.4, pp. 393-397, 1999.

MACEDO JUNIOR, Gilberto L. et al. Consumo, digestibilidade e taxa de passagem ruminal em ovelhas gestantes. **Ciência Animal Brasileira**, v.13, n.4, p.429-439, 2012.

MACH, N.; BACH, A.; DEVANT, M. Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. **Journal of Animal Science**, v.87, p.632-638, 2009.

MAGALHÃES, Karla A. et al. Produção de proteína microbiana, concentração plasmática de uréia e excreções de uréia em novilhos alimentados com diferentes níveis de uréia ou casca de algodão. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.34, n.4, p.1400-1407. 2005.

MATURANA, Aymer. **Estudo da combustão direta da glicerina bruta e loira como alternativa de aproveitamento energético sustentável**. 2011, Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

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

MENTEN, José F. M., MIYADA, Valdomiro S., BERENCHTEIN, Bernardo. Glicerol na alimentação animal. In: Simpósio sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos, 2008, Campinas, SP. **Anais...** Campinas, SP: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2008. p.101-114.

MERTENS, D.R. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. In: Simpósio Internacional de Ruminantes, 1992, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1992. p.1-32.

MILLI, Brunela B.; GRIPA, Danielly C.; SIMONELLI, George. **Aplicações alternativas da glicerina oriunda do Biodiesel**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12; 2011.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. GENPA 80 GRANOL. **Ingrediente vegetal**, Código SIF: RS-15127. Porto Alegre-RS, 2010.

MODESTO, Elisa C. et al. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em vacas gestantes alimentadas com silagem de rama de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.944-950, 2008.

MORAIS, Juciléia A.S. et al. Influência da frequência de suplementação no consumo, na digestibilidade e na fermentação ruminal em novilhos de corte mantidos em pastagem de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa , v. 38, n. 9, set. 2009.

NOCEK, I.E; RUSSELL, J.B. Protein and carbohydrate as an integrated system. Relationship of ruminal availability to microbial contribution and milk production. **Journal of Dairy Science**. v.71, n.8, p.2070-2107. 1988.

NOLAN, J.V. Nitrogen kinetics. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Cambridge: University Press, 1993. p.123-144.

OOI, T.L. et al. Glycerol residue - a rich source of glycerol and medium chain fatty acids. **Journal of Oleo Science**, Tokyo, v.53, n.1, p.29-33, 2004.

ORSKOV, E.R. Starch digestion and utilization in ruminants. **Journal of animal science**, 63(5):1624-1633. 1986.

OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. **Ruminal fermentation**. In: CHURCH, D.C. The ruminant animal digestive physiology and nutrition. Englewood Cliffs: O. & Books Inc. p.146-171. 1988.

PACHAURI, N.; HE, B. Value-added Utilization of Crude Glycerol from Biodiesel Production: A Survey of Current Research Activities. In: 2006 ASABE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 1., 2006, Portland. **ASABE Annual International Meeting**. Portland: Asabe, 2006. p. 1 - 16.

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

PARSONS, G.I. **Effects of crude glycerin in feedlot cattle**. 2010. 67 f. Tese (Doutorado) - Kansas State University, Manhattan, 2010.

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.

PEISKER, M.; DERSJANT-LI, Y. Glycerol in animal nutrition: versatile co-product of biodiesel production. **Journal Kraftfutter**. v. 89, n. 10, p. 16-23, 2006.

PELLEGRIN, Ana 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.

PEREIRA, L.G.R. et al. Influência da glicerina bruta na cinética de fermentação ruminal in vitro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45, 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008.

PETHICK, D.W. et al. The regulation of glycogen level in the muscle of ruminants by nutrition. In. PRESENTED AT RECENT ADVANCES IN ANIMAL NUTRITION CONFERENCE. 1999. Armidale, Australia. **Anais...**Armidale, Australia. 1999.



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

PORTAL DO BIODIESEL. **O biodiesel**. 2011. Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/>. Acesso em: 07 de março de 2012.

PRADO, Odímári P.P. et al. Digestibilidade e parâmetros ruminais de dietas à base de forragem com adição de própolis e monensina sódica para bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 6, 2010.

RAMOS, L. P. Aspectos técnicos sobre o processo de produção de biodiesel. In: SEMINÁRIO PARANAENSE DE BIODIESEL, 1., 2003, Londrina. Anais... Londrina, 2003.

REMOND, B. In vitro and in vivo fermentation of glycerol by rumen microbes. **Animal Feed Science and Technology**, v.41, p.121-132, 1993.

RENNÓ, Luciana N.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Concentração plasmática de uréia e excreções de uréia e creatinina em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.29, n.4, p.1235-1243. 2000.

REMOND, B.; SOUDAY, E.; JOUANY, J.P. In vitro and in vivo fermentation of glycerol by rumen microbes. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.41, n.2, p.121-132, 1993.

REYNOLDS, Christopher 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, 1995. p.351-372.

RIBEIRO, Karina G. et al. Eficiência microbiana, fluxo de compostos nitrogenados no abomaso, amônia, pH ruminais em bovinos recebendo dietas contendo feno de capim-tifton 85 de diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.30, n.2, p.581-588. 2001.

RIVALDI, Juan D. et al. Glicerol de biodiesel. **Biociência**, n. 37, p.44-51, 2008.

ROGER, V. et al. Effects of glycerol on the growth, adhesion and cellulolytic activity of rumen cellulolytic bacteria and anaerobic fungi. **Curr. Microbiol.** 25, 197-201. 1992.

RUSSELL, J.B. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.

SANTOS, F.A.P. Metabolismo de proteínas. In: Berchielli, T.T.; Pires A.V.; Oliveira, S.G. (Eds) **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. p.255-284.

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

SCHRÖDER, Angela; SÜDEKUM, Karl-Heinz. Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets for ruminants. In: INTERNATIONAL RAPESEED CONGRESS, 10., 1999. **Anais...** Canberra. Australia: Regional Institute, 1999. p.241.

SCHRÖDER, Angela; SÜDEKUM, Karl-Heinz. **Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets of ruminants**. Kiel: University of Kiel, 2007.

SERRAÑO, Román D. C. **Glicerina Bruta e Ureia de Liberação Lenta na Alimentação de Bovinos de Corte**. 2011. 63 f. Tese – (Doutorado em Zootecnia) Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2011.

SILVA, José F.C.; LEAO, Maria I. **Fundamentos da nutrição de ruminantes**. Piracicaba, SP, Livroceres, 1979. 384p.

SILVEIRA, André L.F. da et al. Avaliação da inclusão de glicerina bruta, coproduto da extração de biodiesel, na dieta de caprinos de corte: III – características quantitativas da carcaça. In: Simpósio Paranaense de ovinocultura, 14; Simpósio Paranaense de caprinocultura, 2; Simpósio sul brasileiro de ovinos e caprinos, 2. 2009, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2009.

SOUZA, Lígia 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.

STROBEL, H.L.; RUSSELL, J.B. Effect of pH and energy spilling on bacterial protein synthesis by carbohydrate-limited cultures of mixed rumen bacteria. **Journal of Dairy Science**. v.69, n.11, p.2941-2947. 1986.

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.

THE SOAP AND DETERGENT ASSOCIATION. **Glycerin: an overview**. New York: The Soap And Detergent Association, 1990. 27 p.

TRABUE, S. et al. Ruminal fermentation of propylene glycol and glycerol. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.55, n. 17, p.703-705, 2007.

UNITED STATES SOYBEAN EXPORT COUNCIL (USSEC). **Glycerin Market Analysis**. Indianapolis: ABG, 2007. 33 p.

VAN SOEST, Peter J. Nutritional ecology of the ruminant.2 Ed. Ithaca: **Cornell University Press**, 1994. 476p.

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.

WILBERT, Cássio A. **Glicerina bruta na alimentação de vacas leiteiras**. Porto Alegre, UFRGS, 2012. 163p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

WRIGHT, D.E. Fermentation of glycerol by rumen microorganisms. **New Zeland Journal of Agriculture Research**, v.12, p.281-286, 1969.

YOUNG, J.W. Gluconeogenesis in cattle: significance and methodology. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.60, n.1, p.1-15, 1977.

Artigo formatado de acordo com as normas da Revista Brasileira Saúde e Produção Animal.

**Efeitos da utilização de glicerina bruta em substituição ao milho na dieta de caprinos de corte no consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais**

**RESUMO:** Com o objetivo de avaliar os efeitos da inclusão de níveis de glicerina bruta em substituição ao milho na dieta de caprinos de corte, sobre o consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais foram testadas dietas contendo zero, seis, 12 e 18% de glicerina bruta. As dietas foram compostas de 55% de concentrado e 45% de volumoso (feno de tifton 85). Utilizando quatro cabritos Boer fistulados e quatro intactos, em um duplo quadrado latino 4x4. O consumo e digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e fibra FDN não diferiram entre os tratamentos em g/dia e em %PC, o mesmo acontecendo com o consumo de feno e concentrado. O consumo de proteína, FDA e extrato etéreo respondendo de maneira quadrático e linear positivo e negativo aos tratamentos, respectivamente em g/dia e em %PC. Já o consumo de proteína teve efeito quadrático em g/dia e não variou em %PC. A digestibilidade da FDA aumentou linearmente em %PC. O balanço de nitrogênio e o pH não apresentaram diferenças entre os tratamentos. O pH ruminal e o nitrogênio amoniacal apresentaram diferenças significativas em função do horário de coleta. O nitrogênio amoniacal apresentou ainda, efeito linear decrescente com o aumento dos níveis de glicerina. Os resultados deste trabalho mostram que a utilização de glicerina bruta em substituição ao milho na dieta de caprinos, até o nível de 18% não causa efeitos negativos no consumo, digestibilidade da dieta, no pH ruminal e no balanço de nitrogênio. O nitrogênio amoniacal diminui conforme aumenta os níveis de glicerina, porém, se mantém em níveis apropriados para a atividade ruminal.

**Palavras-chave:** glicerol, nitrogênio amoniacal, pH, ruminantes

**ABSTRACT:** In order to evaluate the effects of adding levels of crude glycerin replacing corn in the diet of goats on intake, digestibility and ruminal diets containing zero, six, 12 and 18% crude glycerin were tested. The diets were composed of 55 % concentrate and 45% roughage (hay Tifton 85). Using four fistulated Boer goats and four intact on a double 4x4 Latin square. The intake and digestibility of dry matter, organic matter and fiber NDF did not differ among treatments in g/day and %BW, as did the consumption of hay and concentrate. The consumption of protein, ADF and ether extract responding quadratic and linear treatments to positive and negative manner, respectively, in g/day and % BW. The consumption of protein had a quadratic effect in g / day and did not change in % BW. The ADF digestibility increased linearly in % BW. Nitrogen balance and pH did not differ among treatments. The ruminal pH and ammonia nitrogen showed significant differences depending on the time of collection. The ammonia nitrogen also showed linear decrease with increasing levels of glycerin. The results of this study show that the use of crude glycerin replacing corn in the diet of goats, up to the level of 18% does not cause negative effects on consumption, diet digestibility, rumen pH and nitrogen balance. The ammonia nitrogen decreases with increasing levels of glycerin, however, remains at appropriate levels for ruminal activity.

**Keywords:** glycerol, ammonia, pH, ruminants

## **INTRODUÇÃO**

O Brasil apresenta vantagens agronômicas, disponibilidade hídrica e de matéria-prima, o que o torna um país com potencial para produção de energia renovável. A produção brasileira de biodiesel esteve próxima a três milhões de m<sup>3</sup> anuais em 2013, e só no mês de fevereiro de 2014 a produção nacional foi de 243.670 m<sup>3</sup> (ANP, 2014). A geração glicerina

bruta totaliza em torno de 10% desse volume total, sendo que ainda não existe legislação específica para o descarte deste coproduto. Dessa forma, a glicerina tem sido armazenada e se acumulado nas usinas, tornando-se um problema econômico e ambiental (D`Aurea, 2010).

Segundo a Food and Drug Administration (FDA, 2006), não existem empecilhos para a utilização de glicerina na alimentação animal, tanto de ruminantes quanto de não ruminantes desde que o metanol não ultrapasse a quantidade de 150 mg/kg de glicerina. Estudos mostram que pode ser incluído na dieta de ruminantes na proporção de até 15% da matéria seca, sem qualquer perda na produção ou ingestão (Donkin, 2008). O glicerol quando metabolizado no rúmen é fonte de ácidos graxos de cadeia curta, principalmente o propionato, sendo utilizado para a produção de energia (D`Aurea, 2010).

A caprinocultura é uma atividade perfeitamente adaptável às mais variadas regiões e sistemas de produção. Porém, são ruminantes que possuem algumas características diferenciadas dos demais. São selecionadores hábeis, no processo de mastigação mais eficiente, e utilizam mais eficientemente a fibra. Ruminação mais demorada, maior tolerância à escassez de água e apresentam aceitabilidade a dietas ricas em grãos. Têm maior produção de ácidos graxos voláteis, em consequência da maior taxa de fermentação ruminal. Os caprinos, ainda, possuem maior *turnover* de alimentos, ou seja, maior taxa de movimentação ruminal (Rappetti & Bava, 2008).

O sistema de criação intensivo é bastante utilizado em pequenos ruminantes, visando intensificar a produção, diminuindo o tempo de abate e garantindo carcaças melhor acabadas. As principais vantagens são o rápido ganho de peso, diminuição da carga parasitaria e menor idade ao abate possibilitando maior rotatividade econômica (Lage et al., 2010). A desvantagem desse sistema é que se torna oneroso, pois o custo com concentrado é, geralmente, mais elevado do que a pastagem. Deste modo torna-se necessário pesquisar

alimentos substitutivos, com as mesmas qualidades nutricionais, porém mais viáveis economicamente (Ribeiro, 1997).

Aliando a necessidade de acrescentar a nutrição animal produtos mais baratos e dar um destino ecologicamente correto a esses coprodutos, com este trabalho objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão de níveis de glicerina bruta em substituição ao milho na dieta de caprinos de corte, sobre o consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na Unidade Regional de Pesquisa do Sudoeste, pertencente ao Instituto Agrônomo do Paraná, município de Pato Branco, PR, BR-158, Km 497, Bairro Bom Retiro. Na região fisiográfica denominada terceiro planalto paranaense, 25° 07' Sul e 52° 41' Oeste, altitude de 736m com o clima classificado como transição dos subtropicais úmidos Cfa e Cfb (IAPAR, 2010). As análises químicas e bromatológicas foram realizadas na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Dois Vizinhos, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em Marechal Cândido Rondon e as análises da glicerina foram realizadas pelo Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR).

O experimento foi desenvolvido de janeiro a abril de 2012. Os animais experimentais foram alojados em gaiolas metabólicas individuais, em local coberto, com bebedouro e comedouro individualizado para feno e concentrado, adotando-se o método de coleta total de fezes e urina. Sendo oito caprinos machos, não castrados, da raça Boer, com peso médio inicial de 57,45 Kg, quatro deles implantados com cânula ruminal. O experimento foi conduzido de acordo com as normas éticas e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Paraná, sendo protocolado com o número 2009023562.

Os tratamentos consistiram da inclusão de glicerina bruta, extraída de grão da soja (composição da glicerina na tabela 3), em substituição ao milho, em quatro níveis, zero, seis, 12 e 18% na matéria seca da dieta. Os animais receberam dietas, contendo em base da matéria seca (MS), 45% de volumoso (feno de tifton-85) e 55% de concentrado. As dietas foram formuladas para serem isoprotéicas e isoenergéticas, de forma a atenderem as exigências nutricionais dos animais (NRC, 2007). Ingredientes e nutrientes estão descritos nas tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes, por tratamento, das dietas contendo diferentes teores de glicerina bruta em substituição ao milho

Alimento (%)	Níveis de Glicerina na dieta %			
	0	6	12	18
Feno de Tifton 85	45,00	45,00	45,00	45,00
Farelo de Trigo	18,94	18,75	18,94	18,78
Farelo de Soja	14,24	15,37	16,47	17,42
Milho Moído	19,05	12,41	6,02	0,00
Glicerina Bruta	0,00	5,00	10,19	15,14
Sal mineral	1,39	1,56	1,39	1,38
Calcário	1,39	1,90	1,99	2,28

Tabela 2. Composição percentual dos nutrientes, por tratamento, das dietas contendo diferentes teores de glicerina bruta em substituição ao milho

Nutrientes (%)	Níveis de Glicerina na dieta %			
	0	6	12	18
Matéria Seca	89,37	89,17	85,49	83,93
Matéria Orgânica	92,52	92,41	91,56	90,30
Proteína Bruta	18,12	17,26	16,88	18,24
FDN	52,27	53,21	53,50	53,32
FDA	22,67	23,98	24,04	24,91
Extrato Etéreo	3,47	2,67	2,18	1,86
PDR*	7,71	7,71	7,84	7,75

\*Proteína degradável no rúmen, valores estimados. FDN: Fibra em Detergente Neutro, FDA: Fibra em Detergente Ácido.

O feno foi picado em partículas com tamanho aproximado de corte de 0,5 cm. O volumoso foi fornecido em quantidade calculada para permitir 10,0% de sobras, para estimativa do consumo voluntário. Os animais receberam, duas vezes ao dia (8 e 16h), o



alimento diretamente no cocho. A ração total foi calculada conforme indicações do NRC (2007), fornecendo aproximadamente 2,5% do peso vivo. O concentrado e o volumoso foram fornecidos separadamente de forma que fosse possível a avaliação do consumo individual e a simulação do método de suplementação a pasto, muito utilizado nessa espécie animal.

Tabela 3. Composição percentual da glicerina bruta

Constituinte	% Massa
Água	13,9
Cinzas	1,2
Material orgânico não glicerol	4,2
Álcool	0,00
Glicerol	80,7

Tabela 4. Composição Química dos Alimentos

Alimentos (%)	MS%	MO%	PB%	FDN %	FDA%	EE%
Feno de Tifton 85	90,10	96,03	13,71	80,75	36,43	1,19
Farelo de Trigo	87,79	95,42	16,72	45,04	2,96	3,24
Farelo de Soja	89,52	94,14	50,49	19,24	10,25	3,83
Milho Moído	88,25	98,71	9,07	20,12	2,84	7,48
Sal mineral	100,00	9,5	0,00	0,00	0,00	0,00
Calcário	100,00	9,5	0,00	0,00	0,00	0,00

O experimento foi dividido em quatro períodos de 17 dias, sendo os primeiros 10 dias destinados à adaptação dos animais às dietas e às gaiolas e os sete últimos à coleta de dados e amostras. Durante os dias de coleta, foi realizada a coleta de fezes, urina, de alimento fornecido e das sobras. A pesagem dos animais foi realizada no início de cada período, para ajuste das dietas.

No último dia de cada período de coleta, foi realizada a coleta de líquido ruminal, via cânula ruminal, nos tempos zero (que antecede a primeira alimentação) dois, quatro, seis e oito horas após a alimentação da manhã. O pH foi medido imediatamente após a coleta, com pHmetro digital. Aproximadamente 60 mL de líquido ruminal foi armazenado após ser

acidificado três gotas de ácido sulfúrico, para cessar a fermentação e conservar as amostras para posterior determinação da concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>).

Para coleta de fezes foram utilizadas sacolas coletoras, de couro, presas ao corpo dos animais 24h por dia, com a qual foi possível obter a coleta total de fezes, durante os cinco dias de coleta. No início de cada dia as bolsas foram abertas, na parte inferior, com auxílio de um zíper, e foi retirado todo material acumulado. As amostras foram pesadas e secas a 55°C em estufa de ventilação até obter peso constante, moídas (peneira de 1mm) e armazenadas para análise.

Para coleta de urina foi utilizado galões plásticos com capacidade de 5 litros, contendo 100 mL de ácido sulfúrico (10%) para evitar a volatilização de nitrogênio e possível fermentação. No chão da gaiola havia uma bandeja, abaixo do piso ripado, coberta com tela (para evitar contaminação da urina com pêlos, ração e fezes), que coleta a urina e dirige-a para o galão, que a armazena. A coleta da urina e das fezes foi realizada sempre no mesmo horário da manhã. A urina total foi medida diariamente e uma amostra diluída em água destilada (1:500) e acondicionado em dois frascos (por segurança), para cada animal em cada período experimental. A coleta da urina e das fezes foi realizada sempre no mesmo horário da manhã.

A urina total foi medida diariamente e uma amostra diluída em água destilada (1:500) e acondicionado para análise do teor de nitrogênio (N), pelo método Kjeldahl, descrito por Silva & Queiroz (2002), e o balanço de N (BN), que foi obtido utilizando-se a fórmula:  $BN = N \text{ ingerido (g)} - N \text{ nas fezes (g)} - N \text{ na urina (g)}$ .

Os teores de MS, EE, MO e PB foram determinados segundo recomendações da AOAC, descritas por Silva & Queiroz (2002), e os de FDN e FDA, de acordo com a metodologia descrita por Van Soest et al. (1991), para os alimentos fornecidos, dobras e fezes.

A dosagem de amônia nas amostras de líquido ruminal foi feita pela técnica de Ferner (1965), descrita e modificada por Vieira (1984).

O delineamento experimental foi o duplo quadrado latino 4x4 (um com animais fistulados e outro com intactos) com quatro tratamentos e quatro períodos. O efeito do nível de substituição do milho pela glicerina sobre as diferentes variáveis estudadas foi analisado por regressão e quando estas não foram significativas, as médias foram comparadas de pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o procedimento GLM do pacote estatísticos SAS (1999).

$$Y_{ijkl} = \mu + Q_i + T_j + P_k + A(Q)_{li} + \varepsilon$$

Onde:

$Y_{ijkl}$  é a observação no  $i$ -ésimo quadrado latino,  $j$ -ésimo tratamento,  $k$ -ésimo período,  $l$ -ésimo animal aninhado no  $i$ -ésimo quadrado.

$\mu$  é a média geral;

$Q_i$  representa o efeito da  $i$ -ésimo quadrado latino;

$T_j$  é o efeito da  $j$ -ésimo tratamento;

$P_k$  é o efeito do  $k$ -ésimo período;

$A(Q)_{li}$  é o efeito do  $l$ -ésimo animal aninhado no  $i$ -ésimo quadrado;

$\varepsilon$  é o erro aleatório.

Para as medidas de pH e N-NH<sub>3</sub> o delineamento foi de quadrado latino 4 x 4, com medidas repetidas no tempo, analisados através do procedimento MIXED (SAS, 1999).

Sendo utilizado o modelo estatístico de quadrado latino:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + P_j + A_k + H_l + T*H_{il} + P*H_{jl} + \varepsilon$$

Onde:

$Y_{ijkl}$  é a observação no *i-ésimo* tratamento, *j-ésimo* período, *k-ésimo* animal, *l-ésimo* horário; interação do *i-ésimo* tratamento com o *l-ésimo* horário; interação do *j-ésimo* período com o *l-ésimo* horário;  $\varepsilon$  erro.

$\mu$  é a média geral;

$T_i$  representa o efeito da *i-ésimo* tratamento;

$P_j$  é o efeito da *j-ésimo* período;

$A_k$  é o efeito do *k-ésimo* animal;

$H_l$  é o efeito do *l-ésimo* horário

$T*H_{il}$  é a interação do *i-ésimo* tratamento com o *l-ésimo* horário

$P*H_{jl}$  interação do *j-ésimo* período com o *l-ésimo* horário

$\varepsilon$  é o erro aleatório.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para consumo em gramas por dia e em % do peso corporal (%PC) das frações alimentares dos diferentes tratamentos estão descritos na tabela 5. O consumo das frações matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), fibra em detergente neutro (CFDN), de feno (CFEN) e concentrado (CCON) não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos.

Em g/dia, o consumo das frações proteína bruta (CPB), fibra em detergente ácido (CFDA) e extrato etéreo (CEE) apresentaram efeito quadrático e linear crescente e decrescente, respectivamente. O consumo de FDA e de EE em % do peso vivo teve efeito linear positivo e negativo, respectivamente, e o CPB não diferiu.

Não houve efeito dos níveis de glicerina bruta ( $P>0,05$ ) sobre o CMS e o CMO em g/dia. Segundo o NRC (2007), o CMS estimado para machos adultos com aproximadamente 50 kg em manutenção, que é o caso dos animais utilizados nesse experimento, é de 1,09 kg/dia. Os dados quantificados apresentam-se de acordo com essa estimativa, com média de 1,14 kg, sem diferença significativa entre os tratamentos. Pelo fato dos animais terem baixa exigência, pode ter sido um fator limitante para testar a dieta.

Tabela 5. Médias e coeficientes de variação (CV%) para consumo em g/dia e em % peso corporal (%PC) de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), fibra em detergente neutro (CFDN), fibra em detergente ácido (CFDA), extrato etéreo (CEE), feno (CFEN) e concentrado (CCON) para os tratamentos com diferentes percentuais de glicerina

CONSUMO	Níveis de Glicerina (%)				MÉDIA	CV	EFEITO	R <sup>2</sup>
	0	6	12	18				
CMS (g/dia)	1.154	1.092	1.142	1170	1140	8,39	NS	-
CMS (%PC)	1,91	1,86	1,93	1,91	1,90	6,89	NS	-
CMO (g/dia)	1.069	1.009	1.053	1062	1048	8,50	NS	-
CMO (%PC)	1,77	1,72	1,78	1,73	1,75	7,34	NS	-
CPB (g/dia)	224	201	204	226	214	8,57	2	0,14
CPB (%PC)	0,37	0,34	0,34	0,37	0,36	7,07	NS	-
CFDN (g/dia)	512	492	533	555	523	12,16	NS	-
CFDN (%PC)	0,85	0,84	0,91	0,91	0,88	10,48	NS	-
CFDA (g/dia)	192	184	212	232	205	12,69	1*	0,27
CFDA (%PC)	0,32	0,32	0,36	0,38	0,35	11,47	1**	0,21
CEE (g/dia)	35	26	26	22	27	26,09	1***	0,29
CEE (%PC)	0,06	0,05	0,045	0,04	0,05	26,0	1****	0,30
CFEN (g/dia)	325	293	345	356	330	23,04	NS	-
CFEN (%PC)	0,54	0,50	0,59	0,58	0,55	21,30	NS	-
CCON (g/dia)	743	716	707	705	718	6,93	NS	-
CCON (%PC)	1,23	1,21	1,19	1,15	1,20	6,88	NS	-
CV:C	29:71	28:72	31:69	32:68	-	-	-	-

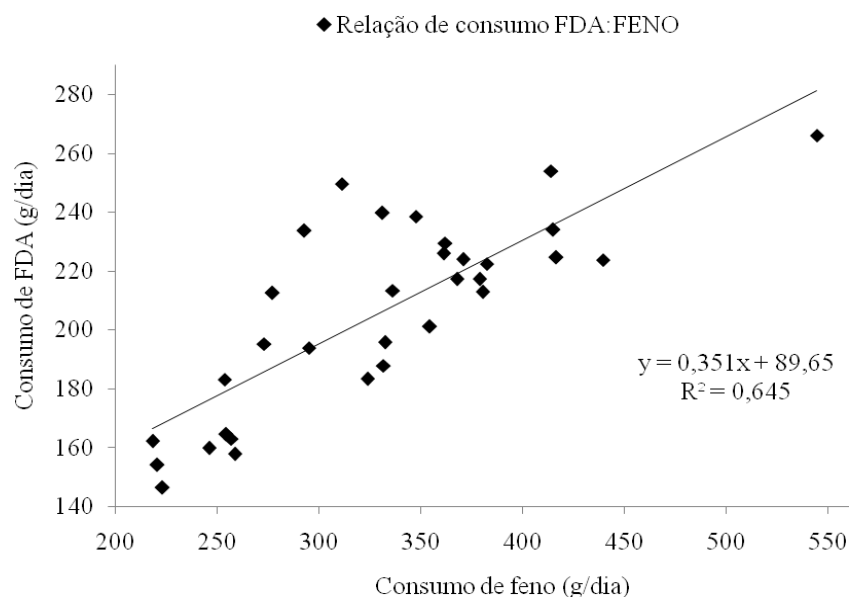
CV:C= Relação consumo de volumoso e concentrado. NS= Efeito não significativo em nível de 5% de probabilidade ( $P>0,05$ ). 1= Efeito Linear (\* $y=183,8+2,44(x)$ ); (\*\* $y=0,31+0,004(x)$ ); (\*\*\*) $y=34,1-0,68(x)$ ; \*\*\*\* $y=0,059-0,001(x)$ ). 2= Efeito Quadrático ( $y=224,19-5,42(x)+0,31(x^2)$ ).

O CMS e CMO também não apresentaram diferenças ( $P>0,05$ ) em função do peso vivo. Essa semelhança entre os tratamentos também foi relatada por Donkin et al. (2009), demonstrando que a glicerina não é rejeitada pelos animais e que a porcentagem que foi acrescentada na dieta não alterou de forma negativa o sabor do alimento. Wilbert et al. (2013), testando o fornecimento glicerina bruta na dieta de vacas em lactação, também não relatam diferenças entre os tratamentos no CMS e CMO.

O CPB apresentou resposta quadrática de acordo com os níveis de glicerina na ração para consumo em g/dia. O menor CPB foi observado no tratamento 6% e o maior consumo no tratamento 18%. Influenciado, provavelmente, pelo efeito do menor consumo numérico de MS no tratamento com 6% de glicerina, refletindo assim no menor CPB. Podendo ser encontrado o ponto de mínimo CPB, através da equação  $y=224,19-5,42(x)+0,31(x^2)$ , no nível de 9% de glicerina.

O CFDA teve crescimento linear em g/dia e em % PC com o aumento dos níveis de glicerina em substituição ao milho. A maior média, no tratamento 18%, foi de 232,531 g/dia, e a menor, no tratamento 6%, de 184,963 g/dia de FDA consumida. A análise de regressão dos tratamentos demonstra aumento de 2,440 g no consumo de FDA a cada aumento de 1% de glicerina na dieta ( $CFDA=183,84+2,44(x)$ ).

Essa variação no CFDA está associada com o consumo de feno, que aumenta com o incremento de glicerina na dieta, mesmo essa diferença não sendo significativa. Sendo a equação da relação entre CFDA e CFEN  $y=0,35+89,65(x)$ . Além desse fator, nota-se que ao substituir o milho (FDA 2,84) pela glicerina, foi necessário aumentar os níveis de farelo de soja (FDA 10,25), para que as dietas fossem isoproteicas. Assim a FDA da dieta aumentou com a substituição do milho (22,67; 23,98; 24,04; 24,91% de FDA para os tratamentos de 0; 6; 12 e 18% de glicerina, respectivamente).



**Figura 1.** Relação entre o consumo de FDA (CFDA) e o consumo de feno (CFENO), em g/dia.

O EE consumido, quantificado em %PC e em g/dia, apresentou efeito linear decrescente. Esse fato pode ser explicado em razão do milho conter mais EE que a glicerina, e ao retirar o grão da dieta, retirou-se proporcionalmente o EE da dieta. Neste experimento o milho apresentou 7,48% de EE, já Lammers et al. (2007) cita que a glicerina contém apenas 0,12% de EE.

Os resultados para digestibilidade dos diferentes tratamentos estão descritos na tabela 6. A digestibilidade das frações matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), proteína bruta (DPB), fibra em detergente neutro (DFDN) e extrato etéreo (DEE) não apresentaram diferença entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ). A única variável que apresentou mudanças entre os tratamentos foi a digestibilidade da fibra em detergente ácido (DFDA).

Nesse experimento a menor média de DMS foi observada no tratamento com 0% de glicerina (73,50%) e a maior no tratamento com 12% de glicerina em substituição ao milho (75,85%), mesmo não apresentando diferenças significativas. A maior digestibilidade de alguns nutrientes pode ser explicada em virtude do rápido metabolismo do glicerol no rúmen.

Tabela 6. Médias e coeficientes de variação (CV%) para digestibilidade de matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), proteína bruta (DPB), fibra em detergente neutro (DFDN), fibra em detergente ácido (DFDA), extrato etéreo (DEE) e balanço de nitrogênio para os tratamentos com diferentes percentuais de glicerina

DIGESTIBILIDADE	Níveis de Glicerina (%)				MÉDIA	CV	EFEITO	R2	
	%	0	6	12					18
DMS		73,50	74,83	73,93	75,85	74,53	3,83	NS	-
DMO		75,77	77,65	76,98	78,2	77,15	3,72	NS	-
DPB		84,57	84,43	83,99	85,44	84,61	3,52	NS	-
DFDN		63,99	66,00	67,01	69,12	66,53	5,92	NS	-
DFDA		53,99	55,02	59,95	64,14	58,27	12,77	1	0,28
DEE		74,55	66,25	72,31	67,09	70,05	21,28	NS	-
Balanço N g/dia		12,4	10,9	9,4	14,1	11,7	67,19	NS	-
Balanço N g/Kg PC		0,021	0,017	0,015	0,023	0,019	64,29	NS	-

NS= Efeito Não Significativo em nível de 5% de probabilidade ( $P>0,05$ ). 1= Efeito Linear ( $y=52,97+0,59(x)$ )

A DMO manteve-se semelhante nos quatro tratamentos pesquisados. O tratamento que apresentou maiores valores, numericamente, foi o de maior proporção de glicerina bruta (78,20%), e os piores resultados foram os observados no tratamento controle (75,77%).

As médias encontradas nesse experimento pra DPB, foram expressivamente maiores que as descritas por Farias et al.(2012) trabalhando com níveis de até 9% de glicerina (máximo de 69,05%). Lage et al., (2010) também não relatam variações na DPB, analisando dietas contendo até 12% de glicerina, fornecidas a cordeiros em terminação. Porém as médias foram inferiores ao encontrados nesse trabalho.

Comparando com os resultados de Donkin (2008), a DFDN nesse trabalho apresentou valores muito superiores. Esses resultados são influenciados também pelo volumoso fornecido, no caso desse experimento o volumoso foi feno de Tifton-85, apresentando FDN 80,3%. Porém médias pouco superiores às apresentadas por Farias et al. (2012).



Os dados obtidos nesse experimento estão de acordo com os relatados por Wilbert et al. (2013), que não observaram mudanças na DFDN ao comparar dietas contendo 0, 4, 8 ou 12% de glicerina. Os mesmos autores discutem esse resultado enfatizando que a glicerina não potencializa a diminuição da digestibilidade da fibra. O milho na dieta apresenta grande quantidade de amido e semelhanças ao glicerol em relação à digestibilidade da fibra, com efeitos associativos negativos (Chase & Hibberd, 1987), e mesmo assim não houve diferenças na digestibilidade dessa fração fibrosa.

Os resultados obtidos para DFDA mostram diferenças significativas entre os tratamentos testados. A digestibilidade dessa fração fibrosa do alimento apresentou resposta linear crescente conforme aumentou os níveis de glicerina na dieta. O aumento da digestibilidade da FDA foi influenciado pelo aumento do CFDA, gerado pela substituição do concentrado pelo feno durante a seleção pelos caprinos.

Segundo Bergner et al. (1995) a taxa de fermentação ruminal aumenta conforme se elevam os teores de ácidos graxos de cadeia curta, e o glicerol possibilita o aumento no metabolismo desses AGV. O aumento da digestibilidade com o consumo de glicerina também é citada por Wang et al. (2009), esses pesquisadores relatam o aumento da fermentação ruminal através do aumento de propionato, indicando que o glicerol pode estimular as enzimas e demais microrganismos ruminais, aumentando a taxa de digestibilidade.

Com a adaptação dos animais a dieta, as taxas de digestão e desaparecimento da glicerina no rúmen são maximizadas (Krehbiel, 2008). Todavia, os índices de digestibilidade observados nesse trabalho para todas as frações analisadas assemelham-se as relatadas em animais consumindo dietas à base de concentrado (Caldas Neto et al., 2000; Martins et al., 2000; Farias et al., 2012).

Na Tabela 6 também consta os resultados obtidos no estudo do balanço de nitrogênio, em função dos tratamentos. O balanço refere-se ao saldo líquido de nitrogênio retido, após serem deduzidas do total ingerido as quantidades excretadas via fezes e urina. Os valores estão expressos em gramas de nitrogênio por animal por dia e em gramas por quilo de peso corporal.

Os resultados observados quanto ao balanço de nitrogênio não apresentaram variação significativa com as diferentes dietas, tanto em g/dia quanto em g/Kg de peso corporal. Esses resultados expressam a formulação isoprotéica da dieta, de forma a proporcionar resultados semelhantes no balanço de nitrogênio.

Observando os resultados, nota-se que a média da quantidade de nitrogênio excretada manteve-se menor do que a média de nitrogênio consumida, determinando assim que o nitrogênio foi absorvido e utilizado de forma apropriada. De igual importância, os balanços positivos de nitrogênio tanto na dieta controle, quanto nos demais níveis de glicerina evidenciam que as exigências de proteína foram supridas em todos os tratamentos.

Pode-se observar que a semelhança entre os tratamentos quanto ao balanço de nitrogênio se dá da mesma forma que os resultados de consumo e digestibilidade de matéria seca e digestibilidade da proteína. Apesar de não apresentar diferenças estatísticas significativa, essa variável demonstrou tendência a resultados semelhantes ao consumo de proteína em g/dia, tendo os maiores resultados no tratamento 18% e os menores nos tratamentos seis e 12% de glicerina bruta na dieta.

A elevada excreção de uréia além de desviar energia que seria utilizada na manutenção corporal de nitrogênio em níveis necessários, ainda gera altos custos biológicos ao animal (Silva, 2013). Segundo Van Soest, (1994) para converter amônia em uréia há um custo de 12 Kcal por grama de nitrogênio. Assim, por não haver índices de perda

desnecessária de nitrogênio, podemos sugerir que a proteína fornecida na dieta supriu as necessidades básicas de manutenção dos animais, sendo utilizada para manutenção dos tecidos corporais em especial nos tratamentos seis e 12% de glicerina, pelo menor consumo de proteína bruta em g/dia.

O teor de nitrogênio foi analisado como indicativo do balanço de nitrogênio. Pelo fato da glicerina ser um ingrediente energético, quanto á aumento na energia da dieta diminuiu-se o desperdício de nitrogênio, mesmo em casos onde este esteja em níveis adequados ou não.

Os dados referente ao pH ruminal em função do tempo de coleta estão na tabela 7, sendo que apresentaram diferença significativas entre si ( $P < 0.0001$ ). O coeficiente de variação (CV) foi de 30,46% e erro padrão médio (EPM) 0,046. Porém não houve diferenças significativas entre os tratamentos (CV=1,20 e EP=0,041), tampouco interação entre tratamento e horário de coleta.

Tabela 7. Médias de pH ruminal em função do tempo de coleta e dos tratamentos.

Horário	pH ruminal				Média
	Tratamento				
	0%	6%	12%	18%	
0	6,64	6,71	6,77	6,88	6,75a
2	6,25	6,11	6,13	6,30	6,20c
4	6,17	6,16	5,96	6,09	6,09c
6	6,39	6,35	6,34	6,41	6,372b
8	6,52	6,45	6,45	6,49	6,48b
Média	6,39	6,35	6,33	6,43	

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ )

Segundo Van Soest (1994), 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 um valor abaixo de 6,0, às 4 horas após o consumo do concentrado com 12% de glicerina em substituição ao milho. O que reforça o indicado por Bergner et al. (1995), os quais relatam

fermentação total da glicerina 4 horas após a alimentação dos animais. Esse resultado demonstra o aumento da taxa de fermentação no rúmen quando são utilizados alimentos com maiores níveis de ácidos graxos de cadeia curta, como o glicerol.

O abaixamento do pH ocorre em razão da baixa quantidade de fibra no alimento ingerido e/ou grande quantidade de carboidratos rapidamente fermentáveis, e pode-se observar esse comportamento no pH em função do horário. Antes da primeira alimentação a média dos tratamentos era 6,75, logo após a ingestão o pH baixou para 6,2. 4 horas após a ingestão do concentrado foi relatado média de 6,09, abaixo da inicial, em razão do pico de fermentação que ocorre aproximadamente nesse horário. Em seguida o pH voltou a subir, com valores de 6,37 às 6 horas e 6,48 às 8 horas.

Ao analisar o consumo de proteína degradável no rúmen (PDR), podemos relacionar o abaixamento do pH com essa variável, mostrada na tabela 2. Conforme Baumann et al., (2004) o aumento de PDR pode aumentar a atividade fermentativa ruminal, causando assim o abaixamento do pH. O mesmo foi descrito por Olson et al. (1999).

Testando níveis de 0; 3,6; 7,2; e 10,8 % de glicerol na dieta, Abo El-Nor et al. (2010) também não obtiveram diferenças no pH ruminal entre os tratamentos, em experimento *in vitro*. Os resultados de pH foram ligeiramente superiores aos encontrados nesse trabalho, sendo que os autores encontraram pH 6,53; 6,54; 6,57 e 6,53, para os respectivos tratamento. Esses valores superiores podem estar associados à maior proporção de volumoso (60% da MS) utilizado, acima do fornecido nesse experimento (45%). AbuGhazaleh et al. (2011), também não relataram mudanças no pH, com a utilização de dieta com níveis maiores de glicerina (0; 15; 30 e 45%).

A concentração média de nitrogênio amoniacal no rúmen apresentou efeito linear decrescente com o aumento dos níveis de glicerina bruta em substituição ao milho

(P=0,0005). As médias em função dos tratamentos estão apresentadas na tabela 8 (P=0,0048; CV=4,47% e EPM=2,60). Não houve interação entre tratamento e horário de coleta.

Tabela 8. Médias de Nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) em mg/dL de líquido ruminal em função do tempo de coleta e dos tratamentos, em função dos diferentes percentuais de glicerina bruta.

Nitrogênio amoniacal (mg/dL)					
Horário	Tratamento				Média
	0%	6%	12%	18%	
0	32,90	29,52	28,68	24,46	28,89bc
2	46,39	39,64	35,43	36,27	39,44a
4	49,77	44,71	23,62	23,62	35,43ab
6	24,46	33,74	29,52	15,18	25,73c
8	32,05	44,71	36,27	24,46	34,37ab
Média	37,11	38,46	30,70	24,80*	

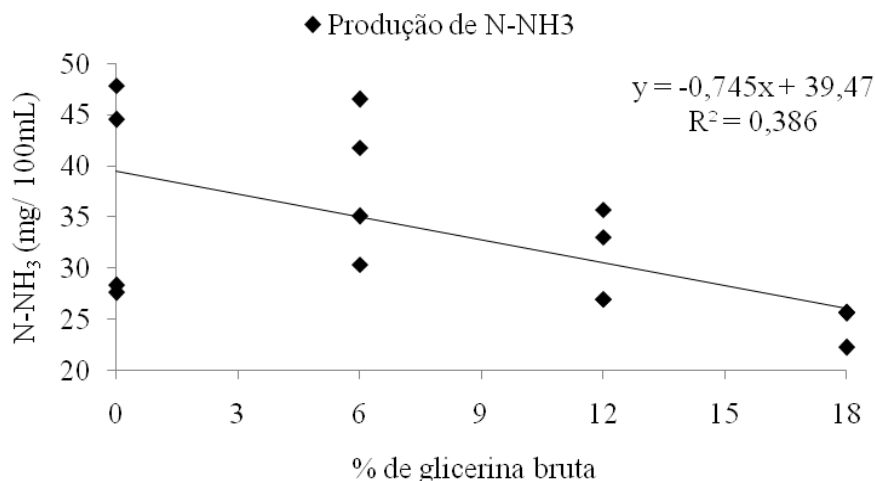
Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (P<0,05). \*Efeito linear ( $y=39,53-0,72(x)$ )

O valor máximo de nitrogênio amoníaco, foi encontrado duas horas após o fornecimento do concentrado (39,44 mg/dL), não diferindo dos valores encontrados no tempo 4 e 8 horas (35,43 e 34,37 mg/dL, respectivamente). Valores mais baixas foram observados às 6 (25,73 mg/dL) e 0 horas (28,89 mg/dL), respectivamente.

Comportamento idêntico a esse foi descrito por Arelaro (2013), incluindo 0; 60 e 120g de glicerina no rúmen de bovinos, sendo 6,06; 11,98; 8,56; 9,15 às 0, 2, 4 e 8 horas após a alimentação. Apesar das mudanças em função dos horários terem sido iguais, as médias relatadas pelo autor foram bem inferiores às desse trabalho.

Os dados encontrados então de acordo com as concentrações sugeridas por Leng (1990), sendo sempre superiores a 20mg/dL, por essa razão não houve prejuízos ao consumo ou a digestibilidade da matéria seca. O tratamento com menores concentrações foi o 18% de substituição (24,80 mg/dL) e as maiores médias apresentadas no tratamento 6% (38,46

mg/dL). Houve queda no nitrogênio amoniacal de 0,72 mg/dL para cada 1% de glicerina acrescentada a dieta.



**Figura 2.** Produção de Nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>, mg/dL), em relação aos tratamentos.

Os microrganismos celulolíticos são dependentes de amônia para seu desenvolvimento, e conseqüente degradação da fibra. O aumento de glicerol no rúmen pode provocar aumento no desenvolvimento dos microrganismos, havendo, conseqüentemente, mais consumo de amônia.

A diminuição da concentração de amônia também 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).

No caso desse experimento, a PDR não variou entre os tratamentos de forma a acompanhar os resultados de nitrogênio amoniacal, portanto não sendo responsável pela diminuição de N-NH<sub>3</sub> ruminal.

## CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho mostram que a utilização de glicerina bruta em substituição ao milho na dieta de caprinos, até o nível de 18% não causa efeitos negativos no consumo, digestibilidade, pH ruminal e balanço de nitrogênio. O nitrogênio amoniacal diminui conforme aumenta os níveis de glicerina bruta, porém, se mantém em níveis apropriados para a atividade ruminal.

## REFERÊNCIAS

- ANP (2014, fevereiro). Boletim mensal do Biodiesel. Boletim informativo da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 13p. 2014.
- ABO EL-NOR, S. 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
- ARELARO, D. **Utilização da glicerina bruta em suplementos múltiplos para bovinos de corte**. 2013. 55p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG. 2013.
- BAUMANN, T. A. et al. Effect of energy source and ruminally degradable protein addition on performance of lactating beef cows and digestion characteristics of steers. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2667-2678, 2004.
- BERGNER, H. et al. In vitro studies on glycerol transformation by rumen microorganisms. **Archiv für Tierernährung** 48, 245-256, 1995.
- CALDAS NETO, S.F. et al. Mandioca e resíduos das farinhas na alimentação de ruminantes: digestibilidade total e parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 2099-2108, 2000.
- CHASE, C.C.; HIBBERD, C.A. Utilization of low-quality native grass hay by beef cows fed increasing quantities of corn grain. **Journal of Animal Science**. v.65, p.557–566, 1987.
- D`AUREA, A.P. **Glicerina, co-produto da produção de biodiesel, na Terminação de novilhas da raça nelore**. 2010. 59 p. Dissertação - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, 2010.
- DONKIN, S.S. Glycerol from biodiesel production: the new corn for dairy cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, suplemento especial, p.280-286, 2008.

- DONKIN, S.S. et al. Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**.92, 5111-5119. 2009.
- 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.
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. FDA., **Code of federal regulations**, 21, v.6, 2006.1320 p.
- IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná. Ciência, tecnologia e inovação na agricultura do Paraná. **Documento 33 do IAPAR**, Londrina, 2010. 66 p.
- KREHBIEL, C.R. Ruminal and physiological metabolism of glycerin. **Journal of Animal Science**, v.86, p.392, 2008.
- LAGE, J. et al. Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.9, p.1012-1020, 2010.
- LAMMERS, P. et al. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 602-608, 2007.
- LENG, R.A. Factors affecting the utilization of “poor-quality” forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Reserve Review**, v.3, n.3, p.277-303, 1990.
- MARTINS, A.S. et al. Digestibilidade aparente de dietas contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte protéica em novilhas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 269-277, 2000.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. Washington, D.C.: National Academy Press, 2007. 362p.
- OLSON, K.C. et al. Effects of ruminal administration of supplemental degradable intake protein and starch on utilization of low-quality warm-season grass hay by beef steers. **Journal of animal science**, v.77, p.1016-1025, 1999.
- 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.
- RAPETTI, L.; BAVA, L. **Feeding management of dairy goats in intensive systems**. In. CANNAS, A. & PULINA, G. (Ed.) Dairy goats feeding and nutrition. 2. ed. Bologna: Italy, 2008. p.221-237.
- RIBEIRO, S.D.A. **Caprinocultura: Criação Racional de Caprinos**. São Paulo. Nobel, 1997. 1ªEd. 318p.
- SAS. SAS/STAT User’s Guide. Versão 8, Edição SAS Institute, Inc., Cary, NC, EUA. 1999.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)**. 3a ed., Viçosa, MG: UFV. 2002. 235p.
- SILVA, G.M.da. **Glicerina bruta na dieta de novilhas nelore em pastejo no período da seca**.2013. Dissertação (mestrado em zootecnia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga - Bahia. 2013.



VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.12, p.3583-3597, 1991.

VAN SOEST, Peter J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 Ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VIEIRA, H. W. **Digestão parcial e total da proteína em diferentes grupos de bovídeos**. Viçosa, UFV, 1984. 250p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1984.

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.

WILBERT, C.A. et al.. Crude glycerin as an alternative energy feedstuff for dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 183, p. 116-123, 2013.

## 5 Considerações Finais

Segundo Iupac (1997), a glicerina apresenta densidade de 1,2610 g/mL, em razão desse seu aspecto viscoso, a dieta com 18% de glicerina bruta apresentou dificuldade de incorporação durante sua mistura, pela aderência da glicerina nas paredes do misturador. Nesse caso, em fabricações em larga escala a utilização de altos níveis de glicerina pode se tornar mais oneroso.

Após o processamento, a mistura com 18% de glicerina apresentou aparência escurecida, umidificada e oleosa. A ração com 12% de glicerina também teve essa aparência, porém em proporção menor. Conforme aumentou os níveis de glicerina bruta na ração, notou-se compactação mais acentuada, porém essa compactação pode ser facilmente desfeita com a manipulação da mesma.

A glicerina, ainda, por ter característica higroscópica, é capaz de absorver água do ambiente para a ração. Assim, é necessário manter o alimento em recipientes vedados, ou em ambientes secos, pra que não altere o teor de matéria seca durante o período de armazenamento.

A utilização de glicerina possibilitou a diminuição de pó da ração, tanto durante o processamento, quanto no fornecimento aos animais. Fator benéfico para as fabricas de rações e no manejo alimentar, para conforto dos trabalhadores e aumento do consumo pelos animais. As diferenças nas aparências das rações não causaram rejeição pelos animais, dificuldades expressivas na manipulação ou prejuízos no armazenamento.

Assim, levando em consideração os resultados obtidos no ensaio de digestibilidade, consumo e avaliação ruminal, observa-se que o acréscimo de glicerina, nas diferentes proporções utilizadas, não prejudicou as variáveis analisadas. Porém, ao trabalhar com glicerina desde a sua incorporação no concentrado, pode se observar que teores acima de 12% dificultam a incorporação dos ingredientes, onerando o processo.