

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PROTOCOLOS EXPERIMENTAIS DE CONFINAMENTO  
PARA BOVINOS NELORE ALIMENTADOS COM DIETAS  
CONTENDO GLICERINA BRUTA**

**Josimari Regina Paschoaloto**  
Zootecnista

**2016**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA– UNESP  
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**PROTOCOLOS EXPERIMENTAIS DE CONFINAMENTO  
PARA BOVINOS NELORE ALIMENTADOS COM DIETAS  
CONTENDO GLICERINA BRUTA**

**Josimari Regina Paschoaloto**

**Orientador: Profa. Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

**2016**

P279p Paschoaloto, Josimari Regina  
Protocolos experimentais de confinamento para bovinos Nelore alimentados com dietas contendo glicerina bruta / Josimari Regina Paschoaloto. – – Jaboticabal, 2016  
x, 49 p. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016  
Orientadora: Jane Maria Bertocco Ezequiel  
Banca examinadora: Rosemary Lais Galati, Antonio Carlos Homem Junior, Mauro Dal secco de Oliveira, Hirasilva Borba  
Bibliografia

1. Desempenho. 2. Glicerol. 3. Nelore. 4. Papilas ruminais. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.087:636.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**JOSIMARI REGINA PASCHOALOTO** – Nascida em Itápolis, São Paulo, Brasil, em 18 de junho de 1986. Ingressou no curso de Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista, Unesp, Câmpus de Dracena em agosto de 2004. Durante a graduação fez estágios na área de produção animal, participou em projetos de pesquisa e grupos de estudo. Finalizando suas atividades acadêmicas em agosto de 2009, quando recebeu o título de Zootecnista. Em março de 2010 ingressou no mestrado pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, Unesp, onde foi bolsista do CNPq, sob a orientação da Profa. Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel. Em fevereiro de 2012 recebeu o grau de Mestre em Zootecnia e ingressou em março do mesmo ano no curso de doutorado, continuando sob a orientação da Profa. Dra. Jane M. B. Ezequiel. Durante o doutorado, foi bolsista da Capes, fez estágio-sanduiche, sob a orientação do Prof. Dr. Adegbola T. Adesogan durante o período de abril a novembro de 2015, na University of Florida, EUA, onde foi bolsista do programa governamental "Ciências Sem Fronteiras".

“O mais competente não discute, domina a sua ciência e cala-se.”  
**(Voltaire)**

## **Dedico**

A todos meus familiares, amigos e professores pelo apoio e incentivo constantes,  
sem os quais não conseguiria galgar este caminho, e ao meu namorado pelo  
incansável amor.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus** por ter iluminado meu caminho e nunca ter me abandonado...

Aos meus pais **Luis Laerte Paschoaloto e Valentina Poppi Paschoaloto** pelo amor, carinho, ensinamentos e compreensão ao longo das minhas conquistas, exemplo de pessoas e por nunca me abandonarem.

As minhas irmãs, irmão, cunhada, cunhados e sobrinhos, **Claudia, Aldo, Aline, Ederson, Angélica, Marcelo, Lucas Gabriel e Laura** pelo amor, carinho e apoio.

Ao meu admirável, adorável e divertido namorado **Márco Túlio (Kpão)** por todo o apoio antes, durante e após o experimento, por ser tão paciente e carinhoso comigo, mesmo, às vezes, sem eu merecer.... Pelo incentivo, companheirismo, alegria e amor infindáveis...

A **Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”** Campus de Dracena e Jaboticabal pela minha formação profissional e apoio.

Ao **Programa de Pós-graduação em Zootecnia** da Faculdade de Ciências

Agrárias e Veterinária da UNESP, Campus de Jaboticabal pela oportunidade e ceder espaço e apoio para este trabalho.

A Professora **Jane Maria Bertocco Ezequiel**, pela orientação, confiança, ensinamentos, discussões e, principalmente pela amizade e carinho.

A todos **professores da UNESP** Câmpus Dracena, Câmpus Botucatu e Câmpus Jaboticabal, pelos ensinamentos e apoio durante meu doutorado.

A **Capes** pela concessão da bolsa de estudos durante o curso de Doutorado.

Ao programa **Ciências Sem Fronteiras**, pela concessão da bolsa de Doutorado-Sanduiche no exterior.

A **University of Florida** em especial ao **Prof. Dr. Adegbola T. Adesogan** pela oportunidade de estágio e acolhimento.

A empresa **Caramuru Alimentos Ltda** por ter cedido os ingredientes casca de soja, farelo de girassol e glicerina bruta.

Ao parceiro **Marcelo Ladeira**, coordenador na empresa Caramuru Alimentos Ltda, pela disposição, amizade e colaboração.

Aos amigos do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da FCAV/ Unesp - Jaboticabal.

A todos os amigos e companheiros da **Unidade Animal de Estudos Digestivos e Metabólicos e Laboratório de Ingredientes e Gases Poluentes (LIGAP)** pela amizade, ajuda, incentivo e confraternizações.

Aos prestativos **estagiários** que passaram pela Unidade Animal, em especial aos meus ajudantes que estavam sempre de prontidão: Babaka, Brunão, Dedinho, Dildo, Flávia, Homer, Taradão, Vitelo e Zé Mayer.

Aos amigos da **República Mata Bixeira** que me apoiaram e ajudaram durante toda a condução do experimento e análises, sem os quais não seria possível realizar este projeto, além dos bons momentos de descontração e festanças vividos juntos durante todo este período.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste Trabalho.

**Muito obrigada a todos!!!!**

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMO .....                                                                                                                                                                       | x  |
| CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....                                                                                                                                             | 1  |
| 1. Introdução .....                                                                                                                                                                | 1  |
| 2. Revisão de Literatura .....                                                                                                                                                     | 2  |
| 3. Objetivo Geral.....                                                                                                                                                             | 7  |
| 4. Referências .....                                                                                                                                                               | 8  |
| CAPÍTULO 2 – Efeitos da inclusão de glicerina bruta em dietas de alto concentrado para bovinos Nelore confinados: desempenho, características de carcaça e qualidade da carne..... | 16 |
| 1. Introdução .....                                                                                                                                                                | 17 |
| 2. Material e métodos .....                                                                                                                                                        | 18 |
| 3. Resultados.....                                                                                                                                                                 | 22 |
| 4. Discussão .....                                                                                                                                                                 | 25 |
| 5. Conclusões.....                                                                                                                                                                 | 28 |
| 6. Referências .....                                                                                                                                                               | 29 |
| CAPÍTULO 3 – Efeitos da inclusão de glicerina bruta em dietas de alto concentrado para bovinos Nelore confinados: comportamento alimentar e morfologia ruminal.....                | 32 |
| 1. Introdução .....                                                                                                                                                                | 33 |
| 2. Material e métodos .....                                                                                                                                                        | 33 |
| 3. Resultados.....                                                                                                                                                                 | 38 |
| Comportamento Ingestivo .....                                                                                                                                                      | 38 |
| 4. Discussão .....                                                                                                                                                                 | 42 |
| 5. Conclusões.....                                                                                                                                                                 | 43 |
| 6. Referências .....                                                                                                                                                               | 45 |
| CAPÍTULO 4 – Implicações .....                                                                                                                                                     | 48 |



## PROTOCOLOS EXPERIMENTAIS DE CONFINAMENTO PARA BOVINOS NELORE ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO GLICERINA BRUTA

**RESUMO** - A glicerina tem sido usada apenas como uma fonte de energia na alimentação de ruminantes, no entanto, devido à baixa capacidade de acidificação no rúmen a partir de produtos da sua fermentação, pode ser usada também para evitar problemas metabólicos ruminais. O objetivo deste trabalho foi avaliar a glicerina bruta no período de adaptação e terminação de bovinos como ingrediente capaz de minimizar problemas metabólicos. Foi avaliado o consumo de MS, desempenho animal, comportamento ingestivo, morfologia das papilas ruminais e características de carcaça. Sessenta bovinos Nelore não castrados, foram distribuídos em delineamento de blocos casualizados em arranjo fatorial 2×2, sendo uma dieta com presença e uma com ausência de 30% MS de glicerina bruta e dois períodos de confinamento (adaptação e terminação). As dietas foram formuladas para serem isoenergéticas (1.0 Mcal ELg/kg MS) e isoproteicas (12,5% PB/MS). Os dados foram avaliados utilizando o procedimento MIXED do software SAS. A inclusão de glicerina bruta aumentou a digestibilidade *in vitro* da MS das dietas e reduziu o consumo de MS dos animais durante o período de terminação do confinamento. A inclusão de glicerina bruta em ambos os períodos do confinamento aumentou o GMPD dos animais. As características de carcaça avaliadas 30 minutos e 24 h após o abate (pH, L\*, a\* e b\*) não foram influenciados pela inclusão de glicerina bruta em nenhum dos períodos do confinamento. A inclusão de glicerina bruta no período de terminação do confinamento proporcionou aos animais menores tempos de ruminação em pé, maiores tempos de mastigação total ( $P=0,0162$ ), menores eficiências de alimentação ( $P<0,0001$ ) e menores números de bolos ingeridos por dia ( $P=0,0287$ ). O índice mitótico foi maior para os animais que receberam glicerina bruta no período de terminação do confinamento. A inclusão de glicerina bruta não altera as características comportamentais, nem a morfologia das papilas ruminais, e mostrou-se ser um ingrediente alternativo à adaptação dos animais a dietas de alto concentrado. Em conclusão, a glicerina bruta pode ser utilizada em dietas alto concentrado como fonte energética e ingrediente auxiliar à adaptação dos animais, sem alterar as características comportamentais, de carcaça, desempenho, nem morfologia das papilas ruminais, além de reduzir o consumo de MS durante o período de terminação.

**Palavras-chave:** desempenho, glicerol, Nelore, papilas ruminais.

## EXPERIMENTAL PROTOCOLS OF FEEDLOT FOR BEEF CATTLE FED DIETS WITH CRUDE GLYCERIN

**ABSTRACT:** Glycerin has been used as a source of energy in ruminant diets, however, due to low capacity ruminal acidifying from products of their fermentation, it can be used to prevent ruminal metabolic problems. The objective of this study was to evaluate glycerin as an ingredient able to reduce ruminal metabolic problems. We evaluated dry matter intake, performance, feed behavior, papillae morphology and carcass characteristics. Sixty Nellore bulls were used in a randomized block design in factorial arrangement 2×2, diet with presence and absence of 30% DM crude glycerin and two periods of feedlot (adaptation and finishing time). Diets were formulated to be nutritionally isocaloric (1.0 Mcal NEg/ kg DM) and isonitrogenous (12.5% CP/ MS). The data were analyzed by MIXED procedure of SAS software. The inclusion of crude glycerin increased the DM digestibility *in vitro* of diets and reduced DM intake of bulls during finishing time. The inclusion of crude glycerin in adaptation and finishing time increased ADG. The carcass characteristics evaluated 30 minutes and 24 hours after slaughter (pH, L\*, a\* and b\*) were not affected by inclusion of crude glycerin in any period of feedlot. The inclusion of crude glycerin in finishing time of feedlot provided smaller time spent ruminating standing, larger total chewing time, lower feed efficiency and smaller number of bolus per day. The mitotic index was higher for animals feeding with crude glycerin in the feedlot finishing time. The inclusion of crude glycerin did not affect the feed behavior or morphology of rumen papillae, and proved to be an alternative ingredient to adapt the animals to high concentrate diets. In conclusion, the crude glycerin can be used in high concentrate diets as an energy source and ingredient assist the adaptation of animals without changing the behavioral characteristics, carcass, performance, or morphology of ruminal papillae and reduce dry matter intake during the period termination.

**Keywords:** glycerol, Nellore, performance, ruminal papillae

## **CAPÍTULO 1 – Considerações gerais**

### **1. Introdução**

A busca pela eficiência produtiva na terminação de bovinos em confinamento tem imposto grandes desafios nutricionais aos animais, principalmente em relação ao fornecimento de dietas com altas quantidades de carboidratos (CHO) rapidamente fermentáveis no rúmen, visto que, no Brasil o sistema de cria e recria é baseado em pastagens (MARUTA, 2000; ANUALPEC, 2000; ABIEC, 2014).

Contudo, o fornecimento de CHO não estruturais aos animais sem prévia adaptação resulta em mudanças na fermentação ruminal, como a redução drástica do pH e alterações no perfil microbiano. Esses fatores podem afetar negativamente a função absorptiva do epitélio ruminal, e consequentemente, a saúde e produtividade do animal (NOCEK, 1997; GABEL, ASCHENBAH e MULLER, 2002), tornando essencial o uso de estratégias nutricionais para a adaptação dos microrganismos ruminais a estas dietas para prevenção destes problemas.

Há relatos na literatura que dietas com alto amido induzem o espessamento da mucosa ruminal, reduzindo sua capacidade absorptiva de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), além de proporcionar ao ambiente ruminal maior disponibilidade de glicose livre, maior crescimento de bactérias amilolíticas e utilizadoras de lactato, maior produção de AGCC e redução do pH ruminal (LEEK e HARDING, 1975; CRICHLOW e CHAPLIN, 1985; GABEL, ASCHENBAH e MULLER, 2002). O perfil de AGCC produzido durante a fermentação altera a morfologia da parede ruminal, podendo gerar papilas metabolicamente ativas ou inativas (GÁLFI, GABEL e MARTENS, 1993; COSTA et al., 2008; PAULINO et al., 2010).

Levando em consideração os problemas supracitados e a necessidade de aumentar a eficiência produtiva de animais confinados este trabalho objetivou avaliar a glicerina bruta como fonte energética capaz de reduzir os impactos negativos de dietas alto concentrado avaliando sua utilização durante os períodos de adaptação e terminação de bovinos em confinamento.

## **2. Revisão de Literatura**

### **Confinamento de bovinos Nelore**

O Brasil possui o maior rebanho comercial do mundo, com aproximadamente 200 milhões de cabeças, além disso, é o segundo maior produtor mundial de carne bovina, sendo que 80% deste efetivo é constituído por animais zebuínos (ABIEC, 2015; ALMANAQUE, 2015). Esses animais possuem maior rusticidade, se adaptam facilmente a diferentes ambientes, possuem baixo metabolismo basal, maior atividade das glândulas sudoríparas, além de possuírem maior resistência ao calor, aos ecto e endoparasitas, em relação aos animais de raças europeias (ACNB, 2015).

Contudo, apesar destas características favoráveis, quando confinados, os zebuínos apresentam altas taxas de acidose ruminal, rumenites e timpanismo (LUCHIARI FILHO e MOURÃO, 2006; PACHECO et al., 2012) por não receberem adaptação adequada ao confinamento e devido a susceptibilidade a doenças metabólicas, pois absorvem de forma mais rápida o ácido láctico do rúmen para a corrente sanguínea, gerando assim um quadro clínico mais severo (TAYLOR et al., 1969; BRAWNER et al, 1969), havendo a necessidade de adaptar estes animais e os microrganismos ruminais para a utilização efetiva dos CHO rapidamente fermentáveis, minimizando problemas como a acidose e as perdas econômicas geradas por esta.

### **Morfologia ruminal e os ácidos graxos de cadeia curta**

Ao nascimento, os pre-estômagos dos ruminantes são pequenos (aproximadamente 39% do total dos estômagos), afuncionais, não contêm microrganismos e as papilas são rudimentares (FURLAN, MACARI e FARIA FILHO, 2011).

Durante o desmame dos bezerros, inicia-se a fase de transição, onde, além do leite os animais começam a ingerir alimentos fibrosos, que geram estímulos à secreção salivar e desenvolvimento ruminorreticular. Neste momento, a colonização microbiana no rúmen e retículo é acelerada, principalmente pela interação dos bezerros com animais mais velhos (FURLAN, MACARI e FARIA FILHO, 2011). A fermentação ruminal microbiana produz ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) que estimulam o crescimento e desenvolvimento das papilas, principalmente os ácidos butírico e propiônico (VELAYUDHAN, 2008; BITTAR et al., 2009).

As papilas ruminais são estruturas cônicas que se projetam para a luz do rúmen aumentando a superfície de absorção do mesmo (FURLAN, MACARI e FARIA FILHO, 2011). Tanto o propionato quanto o butirato são estimuladores do crescimento papilar (SANDER et al., 1959; VAIR et al., 1960; TAMATE et al., 1962; WARNER, 1991), porém pesquisadores relatam que a ação direta do butirato na superfície do epitélio ruminal induz a queratinização da parede e atrofia papilar, pois parece inibir a mitose e induzir a proliferação celular irregular e anormal, reduzindo a capacidade absorptiva do epitélio. (STAIANO-COICO et al., 1990; GÁLFI, GABEL e MARTENS, 1993). Em contrapartida, o propionato estimula o crescimento papilar de forma mais lenta e funcional (SANDER ET AL., 1959; VAIR ET AL., 1960; TAMATE et al., 1962; WARNER, 1991; COSTA et al., 2008).

A absorção dos AGCCs ocorre continuamente pelo epitélio do rúmen diretamente para o sangue (PHILLIPSON e McANALLY, 1942; BARCROFT, McANALLY e PHILLIPSON, 1944) na forma protonada por difusão ou na forma ionizada por troca iônica, havendo gasto de energia e liberação de bicarbonato no conteúdo ruminal (GABEL, ASCHENBAH e MULLER, 2002; RESENDE JUNIOR, 2006). Contudo, quando existe o crescimento desordenado e não funcional das papilas, esta taxa de remoção é reduzida, gerando acúmulo dos ácidos e redução do pH ruminal (BARKER et al., 1995; OWENS et al. 1998).

A taxa de absorção dos ácidos depende de alguns fatores, como a sua concentração no rúmen, poder de acidificação (pKa), o tamanho da molécula e pH ruminal (HOOVER e MILLER, 1991). A absorção de ácidos ionizados é benéfica a manutenção do pH ruminal, pois libera para o meio bicarbonato, contudo, quando o pH ruminal encontra-se em declínio e se aproxima do pKa dos ácidos, ocorre a maior absorção dos ácidos na forma não ionizada, reduzindo o pH ruminal, pois não ocorre a liberação de bicarbonato que auxilia no tamponamento do conteúdo ruminal (BERGMAN, 1990; ENEMARK, JORGENSEN e ENEMARK, 2002)

Com a acidez no rúmen, pode ocorrer a descamação e alterações estruturais no epitélio, além de quadros de acidose agudo ou subagudo (OWENS et al., 1998; COSTA, 2008), com consequentes efeitos negativos ao desempenho e a saúde dos animais.

### **Problemas metabólicos gerados por dietas de alto concentrado**

Dietas ricas em amido aumentam a eficiência de produção, pois são mais digestíveis, facilitam o manejo alimentar e reduzem o ciclo de abate dos animais (SANTOS, 2004), entretanto, muitos são os desafios impostos por estas dietas, pois fornecem substrato para a rápida proliferação de microrganismos facultativos que produzem grande quantidade de ácido láctico (VAN SOEST, 1982), que pode aumentar a incidência de acidose em animais confinados.

A acidose é um problema comum em animais confinados e, segundo Stock e Britton (1996), os animais que recebem dietas com alto concentrado são expostos à acidose pelo menos uma vez durante o confinamento, isto porque estas dietas fornecem substratos para todas as bactérias ruminais, inclusive para as oportunistas como a *Streptococcus bovis* (RUSSELL e HINO 1985). Estas produzem ácido láctico, ácido forte (pKa: 3,86) com alto poder de acidificação ruminal, sendo o principal responsável pela acidose ruminal em confinamentos, enquanto que o propionato e butirato são considerados ácidos fracos pois possuem pKa mais alto, 4,87 e 4,82, respectivamente (DUNLOP, 1972).

Quando o pH ruminal encontra-se abaixo de 5,5 muitas bactérias têm seu crescimento reduzido, apenas as bactérias das espécies *S. bovis* e *Lactobacillus* spp. continuam seu crescimento com produção de ácido láctico. Estas produzem D e L-ácido láctico, que são absorvidos pela parede do rúmen e chegam à corrente sanguínea. O L-lactato é metabolizado mais rapidamente que o isômero D, sendo o acúmulo deste último o responsável por grave acidose metabólica (BOLTON e PASSE, 1988).

A excessiva redução e permanência do pH ruminal em valores abaixo de 5,5 gera danos a mucosa ruminal que favorecem a entrada de microrganismos bacterianos patogênicos. Estes invadem a parede do rúmen e iniciam sua colonização, problema conhecido como rumenite. A rumenite é uma lesão na parede ruminal devido à inflamação no epitélio desencadeada inicialmente por distúrbios digestivos, em especial, pela acidose ruminal (NAGARAJA e CHENGAPPA, 1998; MENDES & PILATES, 2007).

As rumenites geram descamações e danos às papilas, redução na taxa de absorção, liberam endotoxinas e histamina para o meio ruminal (LEE et al., 1982;

MULLENAX, EELER e ALLISON, 1966; AHRENS, 1967), além de serem passagem para as bactérias oportunistas, em especial a *Fusobacterium necrophorum*, chegarem ao fígado, colonizando-o e gerando abscessos (NAGARAJA e LECHTENBERG, 2007).

Os abscessos hepáticos são comumente encontrados nos animais, principalmente nos alimentados com dietas ricas em concentrado, devido às errôneas práticas de manejo alimentar que promovem acidose ruminal e rumenite que levam a maior incidência de abscessos hepáticos (NAGARAJA e CHENGAPPA, 1998), que é a maior causa de condenação do fígado bovino nos frigoríficos. Contudo, o maior impacto econômico dos abscessos hepáticos está na redução do desempenho animal, pois causam redução no metabolismo de nutrientes, reduzindo aproximadamente 11% o máximo potencial produtivo do animal (VECHIATO, 2009), e na produção de carcaças desuniformes (BASTOS, 2009).

Os abscessos hepáticos são inflamações purulentas delimitadas em cápsulas de tecido conjuntivo e podem ocorrer em todas as faixas etárias, sexo ou raça, contudo bovinos alimentados com dietas energéticas tem maior incidência (NAGARAJA e CHENGAPPA, 1998).

Algumas estratégias nutricionais podem ser utilizadas para prevenir ou controlar estes efeitos adversos relacionados a dietas com alto concentrado, dentre elas podemos citar o uso de ingredientes moduladores do consumo. Alguns ingredientes que elevem a produção principalmente do propionato, podem funcionar como moduladores da ingestão em ruminantes, isto devido ao efeito hipofágico gerado por este ácido, ou seja, sensação de saciedade (ALLEN, BRADFORD e OBA, 2009).

### **Fermentação do glicerol versus amido**

O glicerol é um composto orgânico 1,2,3-propanotriol com função álcool. É uma fonte de carbono altamente reduzida e aproveitada por bactérias e leveduras em condições de anaerobiose e aerobiose como fonte energética, regulador redox e reciclagem de fosfato inorgânico na célula (DIILLIS et al., 1980). Estudos sobre a fermentação ruminal do glicerol têm mostrado que diversos gêneros de bactérias estão envolvidos neste processo, incluindo *Roseburia*, *Lachnospira*, *Butyrivibrio*, *Bacillus*, *Anaerovibrio*, *Streptococcus*, *Selenomonas*, *Veillonella*, *Eubacterium*,

*Sporomusa*, *Propionibacterium* e *Megasphaera* (HOBSON e MANN, 1961; HUNGATE, 1966; KEMP, WHITE e LANDER, 1975; HAZLEWOOD e DAWSON, 1979; BREZNAK, 1992; HESPELL, 1992; DUPUIS, CORRE e BOYAVAL, 1993).

A fermentação do glicerol no rúmen eleva a produção de propionato em função da menor produção de acetato, reduzindo linearmente a relação A: P no rúmen (BERGNER et al., 1995; TRABUE et al., 2007; ABO EL-NOR et al., 2010; AVILA-STAGNO et al., 2013; VAN CLEEF et al., 2015). A proporção de AGCC produzidos no rúmen tem variações de acordo com a dieta fornecida aos animais (VAN SOEST, 1994; JARVIS, MOORE e THIELE, 1997).

Em relação à fermentação do amido, existe uma grande variedade de bactérias com atividade amilolítica, destacando-se as *Streptococcus bovis*. Sabe-se que, durante a fermentação do amido, ocorre a formação de ácido láctico, isso é devido a rota fermentativa utilizada pelas bactérias. Em dietas de alto concentrado a fermentação do amido se dá preferencialmente pela via do acrilato, onde 5% dos ácidos produzidos são ácido láctico. Esta via é utilizada por algumas bactérias por não produzir ATP e por que algumas bactérias não conseguem descarboxilar o succinato, com isso reduzem o lactato (VAN SOEST, 1994; KOZLOSKI, 2002).

### **Glicerina bruta e o ambiente ruminal**

A glicerina é o nome comercial dado ao glicerol ou propano-1,2,3-triol, que é um composto orgânico pertencente à função álcool, sendo o principal subproduto advindo da produção do biodiesel, geralmente utilizado por indústrias de sabões, farmacêuticas, alimentícias e outras (NATIONAL BIODIESEL BOARD, 2015).

Com a crescente expansão das indústrias de biodiesel, tem-se gerado grandes estoques de glicerina, havendo a necessidade de seu uso. Por apresentar energia metabolizável estimada de 3,47 Mcal/Kg de MS pode ser utilizada em dietas como fonte de energia substituindo o milho (MACH, BACH e DEVANT, 2009; EIRAS et al, 2013; EIRAS et al, 2014).

Após chegar ao rúmen, o glicerol pode ser absorvido diretamente pela parede ruminal (RÉMOND, SOUDAY e JOUANY, 1993). O destino final será o fígado, onde será convertido em glicerol-3-fosfato e ADP pela ação da enzima glicerol-quinase juntamente com ATP, e assim direcionado para gliconêogenese (LIN, 1977;

DANFAER et al., 1995). O glicerol proporciona esqueleto de carbônico para a gliconêogenese e leva equivalentes redutores do citosol à mitocôndria para a fosforilação oxidativa (HIRSCHMANN, 1960; LIN, 1977).

Outra via importante de utilização no rúmen é através da fermentação realizada pelas bactérias ruminais, em que são gerados AGCC, principalmente ácido butírico e propiônico (LINKE et al., 2004; CARVALHO et al., 2011; VAN CLEEF et al., 2015), este último será absorvido e convertido em glicose no fígado (RÉMOND, SOUDAY e JOUANY, 1993). Uma porcentagem, de aproximadamente 10%, de glicerol é escoada para fora do orifício omasal, seguindo para o intestino delgado, onde será absorvido pelas células intestinais (OTHA et al., 2006).

### **3. Objetivo Geral**

Avaliar o melhor momento para a utilização de glicerina bruta na dieta de bovinos confinados visando reduzir os problemas metabólicos ruminais associados a dietas alto concentrado, sem afetar negativamente o comportamento ingestivo, desempenho animal e características de carcaça.

#### 4. Referências

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Rebanho bovino brasileiro**. 2015. Disponível em: [http://www.abiec.com.br/3\\_redbanho.asp](http://www.abiec.com.br/3_redbanho.asp). Acesso: 12/08/2015.

ABIEC - Estatísticas » Balanço da pecuária. **Rebanho Bovino Brasileiro**. 2014. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/texto.asp?id=8>. Acesso em: 08/09/2015.

ABO EL-NOR, S.; ABUGHAZALEH, A. A.; POTU, R. B.; HASTINGS, D.; KHATTAB, M. S. A. Effects of differing levels of glycerol on rumen fermentation and bacteria. **Animal Feed Science and Technology**, v. 162, n. 3-4, p. 99-105, 2010.

ACNB – Associação dos criadores de nelore do Brasil. **Caracterização Racial**. 2015. Disponível em: <http://www.nelore.org.br/Raca/Caracterizacao>. Acesso em: 09/11/2015.

AHRENS, F. A. Histamine, lactic acid and hypertonicity as factors in the development of rumenitis in cattle. **American Journal of Veterinary Research**, v. 28, n. 126, p. 1335-1342, 1967.

ALLEN, M. S.; BRADFORD, B. J.; OBA, M. Board-invited review: the hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 10, p. 3317-3334, 2009.

ALMANAQUE DO CAMPO. **Gado de Corte**. 2015. Disponível em: <http://www.almanaquedocampo.com.br/verbete/exibir/306>. Acesso em: 08/09/2015.

ANUALPEC. **Anuário estatístico da produção animal**. FNP. São Paulo: Camargo Soares Ltda, 2000.

AVILA-STAGNO, J., CHAVES, A. V., HE, M. L., HARSTAD, O. M., BEAUCHEMIN, K. A., MCGINN, S. M., & MCALLISTER, T. A. Effects of increasing concentrations of glycerol in concentrate diets on nutrient digestibility, methane emissions, growth, fatty acid profiles and carcass traits of lambs. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 2, p. 829–837, 2013.

BARCROFT, J.; MCNALLY, R. A.; PHILLIPSON, A. T. Absorption of volatile acids from the alimentary tract of the sheep and others animals. **Journal of Experimental Biology**, v.20, p.120-129, 1944.

BARKER, I.K.; VAN DREUMEL, A.A.; PALMER, N. The alimentary system. In: JUBB, K. V. F.; KENNEDY, P. C.; PALMER, N. (Eds). **Pathology of domestic animals**. 4.ed. San Diego: Academic, 1995, v. 2.

BASTOS, J. P. S. T. **Efeito de diferentes dosagens do preparado de anticorpos policlonais específicos sobre as variáveis ruminais, degradabilidade in situ e digestibilidade in vivo de bovinos alimentados com dieta de alto concentrado**. 2009. 111p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Botucatu-SP.

BERGMAN, E. N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**. v. 70, n. 2, p. 1580–1588, 1990.

BERGNER, H.; KIJORA, C.; CERESNAKOVA, Z.; SZAKACS, J. In vitro studies on glycerol transformation by rumen microorganisms. **Archives Tierernahr**, v. 48, n. 3, p. 245-256, 1995.

BITTAR, C. M. M.; FERREIRA, L. S.; SANTOS, F. A. P.; ZOPOLLATTO, M. Desempenho e desenvolvimento do trato digestório superior de bezerros leiteiros alimentados com concentrado de diferentes formas físicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 8, p. 1561-1567, 2009.

BOLTON, J. R.; PASS, D. A. The alimentary tract. In: Robinson WF, Huxtable CRR (eds). **Clinicopathologic principles for veterinary medicine** .p. 99 – 121. Cambridge University Press, Cambridge, England, 1988.

BRAWNER, W. R.; HENTGES, J. F.; MOORE, J. E.; NEAL, F. C.; HIMES, J. A. Naturally - induced bovine lactic acidosis. **Journal of Animal Science**, v. 28, n. 1, p. 126, 1969.

BREZNAK, J. A. The genus *Sporomusa*. In: A. Balows, H.G. Triiper, M. Dworkin, W.H. Harder, and K.-H. Schleifer (Eds). **The procaryotes**. 2 ed. New York, 1992, p. 2014-2021.

CARVALHO, E. R.; SCHMELZ-ROBERTS, N. S.; WHITE, H. M.; DOANE, P. H.; DONKIN, S. S. Replacing corn with glycerol in diets for transition dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 94, n. 2, p. 908–916, 2011.

COSTA, S. F.; PEREIRA, M.N.; MELO, L.Q.; CALIARI, M.V.; CHAVES, M.L. Alterações morfológicas induzidas por butirato, propionato e lactato sobre a mucosa ruminal e a epiderme de bezerros – I Aspectos histológicos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 1, p. 1-9, 2008.

CRICHLOW, E. C.; CHAPLIN, R. K. Ruminal lactic acidosis: Relationship of forestomach motility to non-dissociated volatile fatty acids levels. **American Journal Veterinary Research**. v. 46, p.1908-1911, 1985.

DANFAER, A.; TETENS, V.; AGERGAARD, N. Review and an experimental-study on the physiological and quantitative aspects of gluconeogenesis in lactating ruminants. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B. Biochemistry & Molecular Biology**. V. 111, n. 2, p. 201–210, 1995.

DILLIS, S.S.; APPERSON, A.; SCHMIDT, M.R.; SAIER, M.H.; Microbiological Reviews, v. 44, p. 385, 1980.

DUNLOP, R.H. Pathogenesis of ruminant lactic acidosis. **Advances in Veterinary Science and Comparative Medicine**, v.16, p. 259-302, 1972.

DUPUIS, C.; CORRE, C.; BOYAVAL, P. Lipase and esterase activities of *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *freudenreichii*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 59, n. 12, p. 4004-4009, 1993.

EIRAS, C. E.; MARQUES, J. A.; TORRECILHAS, J. A.; ZAWADZKI, F.; MOLETTTO, J. L.; PRADO, I. N. Glycerin levels in the diets for crossbred bulls finished in feedlot: ingestive behavior, feeding and rumination efficiency. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v. 35, n. 4, 2013.

EIRAS, C.E.; MARQUES, J. A.; PRADO, R. M.; VALERO, M. V.; BONAFÉ, E. G.; ZAWADZKI, F.; PEROTTO, D.; PRADO, I. N. Glycerine levels in the diets of crossbred bulls finished in feedlot: carcass characteristics and meat quality. **Meat Science**, v. 96, n. 2, p. 930-936, 2014.

ENEMARK, J. M. D.; JORGENSEN, R. J.; ENEMARK, P. St. Rúmen acidosis with special emphasis on diagnostic aspects of subclínical rúmen acidosis: a review. **Veterinarija ir zootechnika T.** v. 20, n. 42, p. 16-29, 2002.

FURLAN, R. L.; MACARI, M.; FARIA FILHO, D. E. Anatomia e fisiologia do trato gastrintestinal. In: BERCHIELLI, T. T.; PIREZ, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Org.). **Nutrição de Ruminantes**. 2 ed. Jaboticabal: Funep, 2011. cap. 1.

GABEL G.; ASCHENBACH J. R.; MULLER, F. Transfer of energy substrates across the ruminal epithelium: implications and limitations. **Animal Health Research Reviews**, v. 3, n. 1, p. 15-30, 2002.

GÁLFI, P.; GABEL, G.; MARTENS, H. Influence of intracellular matriz components on the growth and differentiation of ruminal epithelial cells in primary culture. **Research Veterinary Science**, v. 54, n. 1, p. 102-109, 1993.

HAZLEWOOD, G.; DAWSON, R.M.C. Characteristics of a lipolytic and fatty acid requiring *Butyrivibrio* sp. isolated from the ovine rumen. **Journal of General Microbiology**. v. 112, n. 1, p. 15 -27, 1979.

HESPELL, R.B. The genera *Butyrivibrio*, *Lachnospira* and *Roseburia*. In: Balows, A., Trüper, H. G., Dworkin, M., Harder, W.H. e Schleifer, K. H. **The prokaryotes**, v. 2, p. 2023- 2033, 2. ed., 1992.

HIRSCHMANN, H. **The Journal of Biological Chemistry**. v. 235, p. 2762-2767, 1960.

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

HOOVER, W. H.; MILLER, T. K. Rúmen digestive physiology and microbial ecology. **Veterinary Clinical North Am. Food Anim. Prattice**. v. 7, n. 2, p. 311-234, 1991.

HUNGATE, R.E. **The rumen and its microbes**. Academic Press, New York, 1966.

JARVIS, G. N.; MOORE, E. R.; THIELE, J. H. Formate and ethanol are the major products of glycerol fermentation produced by a *Klebsiella planticola* strain isolated from red deer. **Journal of Applied Microbiology**, v. 83, n. 2, p. 166-174, 1997.

KEMP, P.; WHITE, R.M.; LANDER, D.J. The hydrogenation of unsaturated fatty acids by five bacterial isolates from the sheep rumen, including a new species. **Journal of General Microbiology**, v. 90, n.1, p. 100-114, 1975.

KOZLOSKI, V. G. Bioquímica microbiana ruminal. In: KOZLOSKI, V. G. **Bioquímica dos ruminantes**. 1 ed. Santa Maria: UFMS, 2002, cap. 1.

LEE, G. J.; McMANUS, W. R.; ROBINSON, V. N. Changes in rumen fluid composition and in the rumen epithelium when wheat is introduced to the diet of sheep: the influence of wheat and hay consumption. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 33, n. 2, p. 321-333, 1982.

LEEK, B. F.; HARDING, R. Sensory nervous receptors in the ruminant stomach and the reflex control of reticulo-ruminal motility. In: McDonald, I. W.; Warner, A. C. I. **Digestion and Metabolism in the Ruminant**. Armidale, New South Wales: New England Publishing Unit, 1975, p. 60-76.

LIN, E. C. C. Glycerol utilization and its regulation in mammals. **Biochemistry – Annual review of Biochemistry**, Palo Alto, v. 46, n. 1, p. 765-795, 1977.

LINKE, P. L.; DEFRAIN, J. M.; HIPPEN, A. R.; JARDON, P.W. Ruminal and plasma responses in dairy cows to drenching or feeding glycerol. **Journal of Dairy Science**, v. 87 (Suppl. 1), p. 343, 2004.

LUCHIARI FILHO A.; MOURÃO G.B. **Melhoramento, Raças e seus Cruzamentos na Pecuária de Corte Brasileira**. Editora A. Luchiari Filho, São Paulo. p.14, 2006.

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.

MARUTA, C.A. **Comparação da susceptibilidade de bovinos das raças Jersey e Gir à acidose láctica ruminal, induzida experimentalmente com**

**sacarose**. 2000. 120p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária), Universidade de São Paulo, São Paulo-SP.

MENDES, R. E.; PILATES, C. Estudo morfológico de fígado de bovinos abatidos em frigorífico industriais sob inspeção estadual no Oeste e no Planalto de Santa Catarina, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1728-1734, 2007.

MULLENAX, C. H.; KEELER, R. F.; ALLISON, M. J. Physiologic responses of ruminants to toxic factors extracted from rumen bacteria and rumen fluid. **American journal of veterinary research**, v. 27, n. 119, p. 857-868, 1966.

NAGARAJA, T. G.; CHENGAPPA, M. M. Liver abscess in feedlot: a review. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 1, p. 287-298, 1998.

NAGARAJA, T. G.; LECHTENBERG, K. F. Liver abscess in feedlot cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 23, n. 2, p. 351-369, 2007.

NATIONAL BIODIESEL BOARD. **Official site of the National Biodiesel Board**. <http://www.biodiesel.org/>, 2008.

NOCEK, J. E. Bovine acidosis: implications of laminitis. **Journal of Dairy Science**. v. 80, n. 5, p.1005, 1997.

OTHA, K.; INOUE, K.; HAYASHI, Y.; YUASA, H. Carrier-mediated transport of glycerol in the perfused rat small intestine. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, v. 29, n. 4, p. 785–789, 2006.

OWENS, F. N., SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; e D. R. GILL. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 275-286, 1998.

PACHECO, R. D. L.; MILLEN, D. D.; DILORENZO, N.; MARTINS, C. L.; MARINO, C.T.; FOSSA, M. V.; BEIER, S. L.; DICOSTANZO, A.; RODRIGUES, P. H. M.; ARRIGONI, M. D. B. Effects of feeding a multivalent polyclonal antibody preparation on feedlot performance, carcass characteristics, rumenites, and blood gas profile in *Bos indicus* biotype yearling bulls. **Journal of Animal Science**. v. 90, p. 1898-1909, 2012.

PAULINO, P.V.R.; CARVALHO, J.C.F.; CERVIERI, R.C.; TERÊNCIO, P.; VARGAS, A. Estratégias de adaptação de bovinos de corte às rações com teores elevados de concentrado. In: IV Congresso Latino Americano de Nutrição Animal - **IV CLANA. Anais...** Estância de São Pedro, SP, p.351, 2010.

PHILLIPSON, A. T.; MCANALLY, R. A. **Journal of Experimental. Biology.** v. 19, p. 199-214, 1942.

RÉMOND, 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.

RESENDE JÚNIOR, J. C.; ALONSO, L. S.; PEREIRA, M. N.; ROCA, M. G. M.; DUBOC, M. V.; OLIVEIRA, E. C. e MELO, L. Q. Effect of the feeding pattern on rumen wall morphology of cows and sheep. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 43, p. 526-536, 2006.

RUSSELL, J. B. e T. HINO. Regulation of Lactate Production in *Streptococcus bovis*: A Spiraling Effect That Contributes to Rumen Acidosis. **Journal of Dairy Science**, v. 68, p. 1712-1721, 1985.

SANDER, E.G.; WARNER, R.G.; HARRISON, H.N.; LOOSLI, J.K. The stimulatory effect of sodium butyrate and sodium propionate on the development of rumen mucosae in the young calf. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 42, n. 9, p. 1600-1605, 1959.

SANTOS, F. A. P.; MARTINEZ, J. C; CARMO, C. A.; PEDROSO, A. M. Sistemas de alimentação como mecanismos de flexibilidade para a produção de leite. In: ZOCCAL, R.; AROEIRA, L. J. M.; MARTINS, P. C.; MOREIRA, M. S. P.; ARCURI, P. B. (Ed.). **Leite: uma cadeia produtiva em transformação.** Juiz de Fora: EMBRAPA, 2004. p.117-162.

STAIANO-COICO, L.; KHANDKE, K.; KRANE, J. F.; GOTTLIEB, B.; KRUEGER, J. G.; RIGAS, B.; HIGGINS, P. J. TGF-alpha and TGF-beta expression during sodium-N-butyrate-induced differentiation of human keratinocytes: evidence for subpopulations-specific up-regulation of TGF-beta mRNA in suprabasal cells. **Experimental Cell Research**, San Diego, v. 191, n. 2, p. 286-291, 1990.

STOCK, R.A.; BRITTON, R.A. Acidosis in feedlot cattle. In: **Scientific update on Rumensin/Tylan for the professional feedlot consultant**. Elanco Animal Health, Indianapolis (IN); A1–A16, 1996.

TAMATE, H.; MCGILLIARD, A.D.; JACOBSON, N.L.; GETTY, R. Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 45, n. 8, p. 408-420, 1962.

TAYLOR, D. R.; HENTGES, J. F.; NEAL, F. C.; MOORE, J. E. Biochemical factors in bovine lactic acidosis. **Journal of Animal Science**, v. 28, p.126-127, 1969.

TRABUE, S., SCOGGIN, K., TJANDRAKUSUMA, S., RASMUSSEN, M. A., REILLY, P. J. Ruminal fermentation of propylene glycol and glycerol. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 55, p. 7043-7051, 2007.

VAIR, C.; WARD, G. M.; FRANDSON, R. D.; FLAMBOE, E. E. Influence of sodium salts of volatile fatty acids on rumen development in the young calf. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 43, n. 6, p. 890, 1960.

VAN CLEEF, E.H.C.B.; ALMEIDA, M.T.C.; PEREZ, H.L.; VAN CLEEF, F.O.S.; SILVA, D.A.V.; EZEQUIEL, J.M.B. Crude glycerin changes ruminal parameters, in vitro greenhouse gas profile, and bacterial fractions of beef cattle. **Livestock Science**. v. 178, p. 158-164. 2015.

VAN SOEST., P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. Ed. Cornell University. p. 476, 1994.

VECHIATO, T. A. F. **Estudos retrospectivos e prospectivos da presença de abscessos hepático em bovinos abatidos em um frigorífico paulista**. 102 f. Dissertação (Mestrado em Clínica Veterinária) - Universidade de São Paulo, 2009.

VELAYUDHAN, B.T. Developmental Histology, Segmental Expression, and Nutritional Regulation of Somatotrophic Axis Genes in Small Intestine of Preweaned Dairy Heifers. **Journal of Dairy Science**, 91, p. 3343-3352, 2008.

WARNER, R.G. **Nutritional factors affecting the development of a functional ruminant - a historical perspective**. Proc. Cornell Nutr. Conf, Feed Manuf., Syracuse, NY. Cornell Univ., Ithaca, NY p. 1–12, 1991.

## **CAPÍTULO 2 – Efeitos da inclusão de glicerina bruta em dietas de alto concentrado para bovinos Nelore confinados: desempenho, características de carcaça e qualidade da carne**

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da inclusão de glicerina bruta em dietas de alto concentrado no período de adaptação e terminação de bovinos em confinamento. O consumo alimentar, o desempenho de ganho de peso, as características da carcaça, a qualidade da carne e a digestibilidade *in vitro* da MS foram analisadas. Sessenta bovinos Nelore não castrados, foram distribuídos em delineamento de blocos casualizados em arranjo fatorial 2×2, sendo uma dieta com presença e uma com ausência de 30% MS de glicerina bruta e dois períodos de confinamento (adaptação e terminação). As dietas foram formuladas para serem isoenergéticas (1.0 Mcal ELg/kg MS) e isoproteicas (12,5% PB/MS). Os dados foram avaliados utilizando o procedimento MIXED do software SAS. A inclusão de glicerina bruta aumentou a digestibilidade *in vitro* da MS das dietas e quando incluída no período de terminação do confinamento reduziu o consumo de MS dos animais ( $P=0,0009$ ). A inclusão de glicerina bruta em ambos os períodos do confinamento aumentou o GMPD dos animais ( $P<0,05$ ). As características de carcaça avaliadas 30 minutos e 24 h após o abate (pH, L\*, a\* e b\*) não foram influenciados pela inclusão de glicerina bruta em nenhum dos períodos do confinamento. Em conclusão, a glicerina bruta pode ser utilizada em dietas de alto concentrado como fonte de energia, com aumentos na digestibilidade das dietas e reduções no consumo de matéria seca, sem prejuízos para o desempenho, qualidade da carne e características das carcaças dos animais.

**Palavras-chave:** consumo, glicerol, *Longissimus dorsi*

## 1. Introdução

A glicerina bruta é o principal coproduto da produção do biodiesel, resultante do processo de transesterificação de triglicerídeos com metanol (Gerpen, 2005). Nos últimos anos, a indústria do biodiesel teve grande crescimento, e com isso grandes quantidades de glicerina bruta foram armazenadas e são geradas diariamente. As indústrias que utilizam a glicerina como matéria-prima não acompanharam esse crescimento, e grandes excedentes sem destino pré conhecido, estão sendo estocados nas indústrias. Uma solução para este problema seria a utilização de glicerina bruta na alimentação animal.

Nos ruminantes, o glicerol presente na glicerina bruta pode ser rapidamente fermentado no rúmen, alterando assim o padrão de fermentação ruminal, principalmente pela maior produção de ácido propiônico (Van Cleef et al., 2015) ou absorvido pela parede ruminal e convertido à glicose no fígado (Krehbiel, 2008). Em ambas as rotas de utilização do glicerol ocorre o aumento na disponibilidade de compostos gliconeogênicos que podem ser utilizados para a síntese de ácidos graxos, o que conduz ao aumento do marmoreio da carne (Schoonmaker, Fluharty e Loerch, 2004; Evans, Wiegand, & Kerley, 2008; Versemann et al, 2008). A glicerina bruta também pode modificar o perfil de ácido graxo presente na carne através da inibição da biohidrogenação ruminal (Edwards et al., 2012), com aumentos na concentração de CLA (Lage et al., 2014), por exemplo.

Em contrapartida, há divergências nos efeitos da inclusão de glicerina bruta sobre o desempenho dos animais em confinamento. Aumentos no ganho de peso diário e eficiência alimentar já foram relatados com inclusões de até 10% MS de glicerina bruta (Schneider, 2010; Hales et al, 2013,), porém reduções (Gunn et al., 2010) ou falta de efeito no desempenho dos animais também foram relatados com altas inclusões de glicerina bruta (Van Cleef et al., 2014). Contudo, até o momento nenhum trabalho avaliou os efeitos de altas inclusões de glicerina bruta no período inicial de adaptação dos animais em confinamento.

Portanto, nosso objetivo foi avaliar o efeito da utilização ou não de glicerina bruta (30% MS) em dietas de alto concentrado (85%) no período de adaptação e terminação de bovinos Nelore em confinamento sobre o desempenho, características de carcaça, pH e cor do músculo *Longíssimus dorsi*.

## 2. Material e métodos

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Câmpus de Jaboticabal e aprovado conforme normas da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), sob protocolo nº007435/13.

### Animais, local experimental e dietas

Foram utilizados 60 bovinos Nelore não castrados com  $300,52 \pm 28,48$ kg de PC e 18 meses de idade, provenientes de recria em sistema de pastejo contínuo, predominante de forrageira do gênero *Brachiaria*. Inicialmente, os animais foram pesados, identificados e receberam vitaminas ADE e anti-helmínticos.

Os animais foram distribuídos em três blocos conforme o peso inicial (leve, mediano e pesado), e alocados casualmente em baias individuais (10 m<sup>2</sup>) com comedouros e bebedouros individuais. Os animais foram submetidos a um período de alimentação padrão (15 dias), a base de silagem de milho *ad libitum*. Este período (pré-adaptação) foi usado para adaptar os animais ao ambiente e reduzir qualquer influência latente de manejo nutricional anterior, homogeneizando os animais em relação à saúde do rúmen.

Após a pré-adaptação, iniciou-se o período experimental denominado de adaptação (14 dias), onde 30 animais receberam uma dieta com inclusão de glicerina bruta e 30 animais receberam uma dieta sem inclusão de glicerina bruta. A oferta de alimento foi *ad libitum* e o protocolo utilizado foi o “step up” com três dietas: dieta 1: 75% de volumoso por 4 dias; dieta 2: 55% de volumoso por 5 dias; dieta 3: 35% de volumoso por 5 dias, totalizando 14 dias de adaptação.

No 15º dia experimental iniciou-se o fornecimento das dietas de terminação, com 15% de volumoso e 85% de concentrado, sendo uma com inclusão de glicerina bruta (CG) e outra sem inclusão de glicerina bruta (SG). Dos animais (n=30) que receberam glicerina bruta na adaptação, 15 continuaram a receber glicerina bruta na dieta (CG-CG) e 15 passaram a receber uma dieta sem glicerina bruta (CG-SG) durante o período de terminação. Dos animais (n=30) que não receberam glicerina bruta na adaptação, 15 continuaram a não receber glicerina na dieta (SG-SG) e 15 animais passaram a receber uma dieta com glicerina bruta (SG-CG), perfazendo

assim, quatro tratamentos para o período de terminação (CG-CG, CG-SG, SG-SG e SG-CG).

As dietas foram formuladas segundo recomendações nutricionais do NRC (1996), para ganhos de peso diários de 1,50 kg/dia, e avaliadas pelo software Large Ruminant Nutrition System 1.0.12, nível 2 (LRNS, 2000). Os ingredientes utilizados foram silagem de milho (20% de grãos), milho grão moído, glicerina bruta (83% de glicerol), farelo de girassol, ureia, casca de soja, calcário calcítico, suplemento mineral e glutenose (Tabela 1).

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia (06h00 e 16h00). O consumo foi ajustado diariamente com base nas sobras antes da primeira refeição (6h00), considerando 10% de sobras como padrão para o ajuste. O período experimental total foi de 77 dias de confinamento.

### **Digestibilidade da MS das dietas**

As amostras das dietas foram recolhidas semanalmente, secas à 55°C em estufa de circulação forçada por 72 horas, moídas em moinho de facas em tela de crivo de 1mm e compostas para análises de MS, MM, PB e EE (AOAC, 1998), FDN e FDA (Van Soest et al., 1991).

A digestibilidade *in vitro* da MS das dietas foi realizada no fermentador DAISY<sup>II</sup> seguindo a técnica recomendada pela ANKOM<sup>®</sup>.

### **Desempenho e características das carcaças**

O consumo de MS foi quantificado individualmente por meio da pesagem diária do alimento fornecido e das sobras após 24 horas de fornecimento, ao longo do período de confinamento, sendo expresso em kg/dia.

Os animais foram pesados no início e final do período experimental e o ganho médio de peso diário (GPD) foi calculado pela diferença entre o peso corporal final (PF) e inicial (PI), dividido pelo tempo de confinamento. A eficiência alimentar (EA) dos animais foi calculada pela razão entre GPD e CMS durante o período experimental.

**Tabela 1**

Composição percentual dos ingredientes e composição nutricional das dietas experimentais.

| Item                          | Adaptação CG <sup>1</sup> |      |      | Adaptação SG <sup>2</sup> |      |      | Terminação <sup>3</sup> |      |
|-------------------------------|---------------------------|------|------|---------------------------|------|------|-------------------------|------|
|                               | 1                         | 2    | 3    | 1                         | 2    | 3    | CG                      | SG   |
| <b>Ingredientes (%)</b>       |                           |      |      |                           |      |      |                         |      |
| Silagem de milho              | 73,0                      | 56,0 | 35,0 | 73,9                      | 56,6 | 37,0 | 18,9                    | 18,7 |
| Milho grão moído              | 0,0                       | 0,0  | 0,0  | 14,6                      | 30,5 | 29,8 | 20,3                    | 45,0 |
| Glicerina bruta               | 14,5                      | 28,9 | 30,0 | 0,0                       | 0,0  | 0,0  | 30,6                    | 0,0  |
| Casca de soja                 | 0,0                       | 0,0  | 22,0 | 0,0                       | 0,0  | 21,2 | 17,6                    | 24,9 |
| Farelo girassol               | 7,6                       | 10,0 | 10,1 | 8,3                       | 10,3 | 10,6 | 10,5                    | 10,3 |
| Glutenose                     | 3,4                       | 3,4  | 1,0  | 1,80                      | 1,30 | 0,3  | 0,0                     | 0,0  |
| Ureia                         | 0,6                       | 0,8  | 1,0  | 0,50                      | 0,30 | 0,2  | 1,2                     | 0,1  |
| Sal mineral <sup>4</sup>      | 0,5                       | 0,5  | 0,5  | 0,50                      | 0,50 | 0,5  | 0,5                     | 0,5  |
| Calcário calcítico            | 0,4                       | 0,4  | 0,4  | 0,40                      | 0,50 | 0,4  | 0,4                     | 0,5  |
| <b>Composição nutricional</b> |                           |      |      |                           |      |      |                         |      |
| MS, %                         | 37,0                      | 43,0 | 53,0 | 37,0                      | 42,0 | 52,0 | 65,0                    | 65,0 |
| PB, % MS                      | 12,5                      | 12,5 | 12,5 | 12,5                      | 12,5 | 12,5 | 12,5                    | 12,5 |
| FDN, % MS                     | 41,7                      | 33,2 | 38,3 | 47,20                     | 41,7 | 45,0 | 29,6                    | 38,6 |
| FDNef, % MS <sup>5</sup>      | 34,0                      | 27,0 | 22,0 | 37,0                      | 31,0 | 26,0 | 16,0                    | 20,0 |
| FDA, % MS                     | 25,2                      | 23,4 | 26,8 | 30,1                      | 24,9 | 30,7 | 20,5                    | 28,0 |
| EE, % MS                      | 3,4                       | 4,9  | 4,5  | 3,5                       | 3,4  | 2,8  | 4,2                     | 3,7  |
| Ca, % MS                      | 0,4                       | 0,4  | 0,4  | 0,4                       | 0,4  | 0,4  | 0,4                     | 0,4  |
| P, % MS                       | 0,2                       | 0,2  | 0,2  | 0,3                       | 0,3  | 0,3  | 0,2                     | 0,3  |
| EM, Mcal/Kg MS <sup>6</sup>   | 2,49                      | 2,55 | 2,48 | 2,54                      | 2,62 | 2,56 | 2,68                    | 2,61 |
| ELg, Mcal/kg MS <sup>6</sup>  | 0,99                      | 1,04 | 0,99 | 1,04                      | 1,09 | 1,05 | 1,14                    | 1,09 |

<sup>1</sup>Dietas de adaptação com glicerina bruta (Adaptação CG); <sup>2</sup>Dietas de adaptação sem glicerina bruta (Adaptação SG); 1: 75% de volumoso; 2: 55% de volumoso; 3: 35% de volumoso;

<sup>3</sup>Dietas de terminação com glicerina bruta (CG) e sem glicerina bruta (SG);

<sup>4</sup>Sal mineral= Suplemento Mineral para Bovinos, níveis de garantia/ 1000g do produto: P: 40g, Ca: 80g, Na: 195g, Cl: 300g, Mg: 5g, S: 26g, Zn: 2000mg, Cu: 1000mg, Mn: 500mg, Co: 100mg, I: 100mg, Se: 5mg, F: máx.) 400mg, veículo q.s.p. 1000g.<sup>5</sup>Fibra fisicamente efetiva e

<sup>6</sup>Energia metabolizável e líquida para ganho estimadas através do NRC (1996);

O abate dos animais foi realizado em frigorífico comercial após 77 dias de confinamento (14 dias de adaptação + 63 dias de terminação). Após o abate, foram

determinados os pesos de carcaça quente (PCQ) e medidos o pH e cor da carne iniciais (45 minutos após o abate) no músculo *Longissimus dorsi*, e, em seguida, as carcaças foram transferidas para câmara frigorífica com temperatura de 0 a 1°C durante aproximadamente 24 horas. Após esse período *post mortem* a frio, foram medidos novamente o pH e cor da carne.

Foi realizado um corte transversal de 2 a 4 cm entre as seções da 12ª e 13ª costelas do lado esquerdo de cada carcaça sobre o músculo *Longissimus dorsi*, expondo-o ao ar para a oxigenação da mioglobina. Para a medição de pH foi utilizado peagâmetro portátil com eletrodo de penetração (Texto, modelo 205). Para a cor da carne foi utilizado um colorímetro (Minolta Chroma Meter CR-400), o qual possui uma área de medição de 8mm de diâmetro e utiliza iluminante D65 e observador padrão 10°. Foi avaliada a luminosidade ( $L^*$ ), intensidade de vermelho ( $a^*$ ) e intensidade de amarelo ( $b^*$ ), e os aspectos foram avaliados pelo sistema de cor CIELAB  $L^* a^* b^*$  (CIE, 2004). A calibração do instrumento foi realizada antes das leituras com um padrão branco.

O rendimento de carcaça quente (RCQ) foi calculado a partir do PCQ dividido pelo PF vezes 100.

### **Delineamento experimental e Análises estatísticas**

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em arranjo fatorial cruzado 2×2, sendo os fatores glicerina bruta (presença ou ausência) e período do confinamento (adaptação ou terminação), constituindo dessa forma quatro tratamentos experimentais: CG-CG: adaptação e terminação com glicerina, SG-SG: adaptação e terminação sem glicerina, CG-SG: adaptação com glicerina e terminação sem glicerina e SG-CG: adaptação sem glicerina e terminação com glicerina. Cada tratamento foi composto por 15 animais, sendo considerado cada animal uma unidade experimental para este estudo. Os blocos experimentais foram constituídos com base no peso inicial, totalizando 3 blocos (leve, mediano e pesado).

Todos os dados foram analisados por meio do procedimento MIXED do software SAS (versão 9.2 SAS Inc. Inc., Cary, N. C.). Os fatores incluídos no modelo foram inclusão de glicerina bruta, período de adaptação ou terminação e bloco. Foi

testado a homocedasticidade e normalidade dos erros e quando necessário retirou-se os “outliers” e valores influentes.

### 3. Resultados

#### *Desempenho*

Não foram observados efeitos significativos de interação da inclusão de glicerina bruta no período de adaptação e terminação dos animais em confinamento para nenhuma das variáveis de desempenho animal ( $P>0,05$ , Tabela 2).

**Tabela 2**

Desempenho de bovinos Nelore alimentados com dietas com presença (CG) ou ausência de glicerina bruta (SG) no período de adaptação e terminação do confinamento.

| Item                                  | Adap <sup>1</sup> | Term <sup>2</sup> |       | Média | EPM <sup>4</sup> | Efeito, p-valor   |                   |                        |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------|-------|------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
|                                       |                   | CG                | SG    |       |                  | Adap <sup>1</sup> | Term <sup>2</sup> | Adap*Term <sup>3</sup> |
| CMS <sup>5</sup> , Kg d <sup>-1</sup> | CG                | 12,1              | 14,3  | 13,2  | 0,4509           | 0,7522            | 0,0009            | 0,3380                 |
|                                       | SG                | 11,6              | 15,3  | 13,4  |                  |                   |                   |                        |
|                                       | Média             | 11,8              | 14,8  |       |                  |                   |                   |                        |
| PI <sup>6</sup> , Kg                  | CG                | 305,9             | 303,8 | 304,8 | 3,3511           | 0,1928            | 0,9647            | 0,7780                 |
|                                       | SG                | 295,5             | 297,1 | 296,3 |                  |                   |                   |                        |
|                                       | Média             | 300,7             | 300,4 |       |                  |                   |                   |                        |
| PF <sup>7</sup> , Kg                  | CG                | 425,2             | 433,4 | 429,3 | 4,77             | 0,0139            | 0,1053            | 0,4928                 |
|                                       | SG                | 397,5             | 417,4 | 407,4 |                  |                   |                   |                        |
|                                       | Média             | 411,3             | 425,4 |       |                  |                   |                   |                        |
| GPD <sup>8</sup> , Kg d <sup>-1</sup> | CG                | 1,55              | 1,68  | 1,62  | 0,0443           | 0,0347            | 0,0238            | 0,4993                 |
|                                       | SG                | 1,32              | 1,56  | 1,44  |                  |                   |                   |                        |
|                                       | Média             | 1,44              | 1,62  |       |                  |                   |                   |                        |
| EA <sup>9</sup>                       | CG                | 0,13              | 0,12  | 0,12  | 0,0041           | 0,0361            | 0,0450            | 0,3990                 |
|                                       | SG                | 0,12              | 0,10  | 0,11  |                  |                   |                   |                        |
|                                       | Média             | 0,12              | 0,11  |       |                  |                   |                   |                        |
| PCQ <sup>10</sup> , Kg                | CG                | 226,1             | 230,6 | 228,3 | 3,319            | 0,1543            | 0,4953            | 0,9537                 |
|                                       | SG                | 235,2             | 239,0 | 237,1 |                  |                   |                   |                        |
|                                       | Média             | 230,6             | 234,8 |       |                  |                   |                   |                        |
| RCQ <sup>11</sup> , %                 | CG                | 56,0              | 54,7  | 55,4  | 0,7963           | 0,5389            | 0,1470            | 0,5407                 |
|                                       | SG                | 58,0              | 54,7  | 56,3  |                  |                   |                   |                        |
|                                       | Média             | 57,0              | 54,7  |       |                  |                   |                   |                        |

<sup>1</sup>Período de adaptação; <sup>2</sup>Período de terminação; <sup>3</sup>Adaptação×Terminação; <sup>4</sup>EPM: erro padrão da média; <sup>5</sup>CMS = consumo de matéria seca; <sup>6</sup>PI = peso corporal inicial; <sup>7</sup>PF = peso corporal final; <sup>8</sup>GPD = ganho médio de peso diário; <sup>9</sup>EA = eficiência alimentar; <sup>10</sup>PCQ = peso de carcaça quente; <sup>11</sup>RCQ = rendimento de carcaça quente.

Houve efeito significativo da inclusão de glicerina bruta no período de adaptação dos animais para as variáveis peso final (PF), ganho médio de peso diário (GPD), e eficiência alimentar (EA,  $P < 0,05$ , Tabela 2). A inclusão neste período refletiu em maiores PF ( $P = 0,0139$ ), GMP ( $P = 0,0347$ ) e EA ( $P = 0,0361$ ).

A inclusão de glicerina bruta no período de terminação dos animais proporcionou menores consumos de matéria seca (CMS,  $P < 0,0009$ ) e GPD ( $P = 0,0238$ ), porém esses animais foram mais eficientes (EA) no aproveitamento da dieta ( $P = 0,0450$ , Tabela 2).

### **Característica das carcaças**

Não foram observados efeitos significativos da inclusão de glicerina bruta em nenhum dos períodos do confinamento, assim como não houve efeito significativo de interação entre os períodos (adaptação × terminação) para pH e cor do músculo *Longissimus dorsi* ( $P > 0,05$ , Tabelas 3 e 4).

**Tabela 3**

Valores de pH do músculo *Longissimus dorsi* 45 minutos e 24 horas após o abate de bovinos Nelore alimentados com dietas com presença (CG) ou ausência de glicerina bruta (SG) no período de adaptação e terminação do confinamento.

| Item       | Adap <sup>1</sup> | Term <sup>2</sup> |     | Média | EPM <sup>4</sup> | Efeito, p-valor   |                   |                        |
|------------|-------------------|-------------------|-----|-------|------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
|            |                   | CG                | SG  |       |                  | Adap <sup>1</sup> | Term <sup>2</sup> | Adap*Term <sup>3</sup> |
| pH, 45 min | CG                | 6,8               | 6,8 | 6,8   | 0,0195           | 0,4267            | 0,5159            | 0,5234                 |
|            | SG                | 7,0               | 6,9 | 7,0   |                  |                   |                   |                        |
|            | Média             | 6,9               | 6,9 |       |                  |                   |                   |                        |
| pH, 24h    | CG                | 6,2               | 6,1 | 6,1   | 0,0283           | 0,5491            | 0,6158            | 0,5802                 |
|            | SG                | 6,2               | 6,2 | 6,2   |                  |                   |                   |                        |
|            | Média             | 6,2               | 6,1 |       |                  |                   |                   |                        |

<sup>1</sup>Período de adaptação; <sup>2</sup>Período de terminação; <sup>3</sup>Adaptação versus Terminação; <sup>4</sup>EPM: erro padrão da média;

**Tabela 4**

Valores de L\*, a\* e b\* do músculo *Longissimus dorsi* 45 minutos e 24 horas após o abate de bovinos Nelore alimentados com dietas com presença (CG) ou ausência de glicerina bruta (SG) no período de adaptação e terminação do confinamento.

| Item       | Adap <sup>1</sup> | Term <sup>2</sup> |      | Média | EPM <sup>4</sup> | Efeito, p-valor   |                   |                        |
|------------|-------------------|-------------------|------|-------|------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
|            |                   | CG                | SG   |       |                  | Adap <sup>1</sup> | Term <sup>2</sup> | Adap*Term <sup>3</sup> |
| L*, 45 min | CG                | 31,7              | 31,1 | 31,4  |                  |                   |                   |                        |
|            | SG                | 31,5              | 33,7 | 32,6  | 0,5461           | 0,0561            | 0,4201            | 0,1848                 |
|            | Média             | 31,6              | 32,4 |       |                  |                   |                   |                        |
| a*, 45 min | CG                | 12,4              | 12,6 | 12,5  |                  |                   |                   |                        |
|            | SG                | 12,2              | 12,5 | 12,3  | 0,4573           | 0,957             | 0,792             | 0,9476                 |
|            | Média             | 12,3              | 12,5 |       |                  |                   |                   |                        |
| b*, 45 min | CG                | 2                 | 2,5  | 2,2   |                  |                   |                   |                        |
|            | SG                | 2,6               | 2,9  | 2,7   | 0,1672           | 0,0543            | 0,1689            | 0,7616                 |
|            | Média             | 2,3               | 2,7  |       |                  |                   |                   |                        |
| L*, 24h    | CG                | 33,2              | 32,8 | 33    |                  |                   |                   |                        |
|            | SG                | 33,5              | 33,2 | 33,4  | 0,3364           | 0,5923            | 0,5586            | 0,9234                 |
|            | Média             | 33,4              | 33   |       |                  |                   |                   |                        |
| a*, 24h    | CG                | 15,5              | 15,0 | 15,3  |                  |                   |                   |                        |
|            | SG                | 15,1              | 14,9 | 15,0  | 0,2051           | 0,4998            | 0,4409            | 0,6887                 |
|            | Média             | 15,3              | 15,0 |       |                  |                   |                   |                        |
| b*, 24h    | CG                | 6,3               | 5,6  | 5,9   |                  |                   |                   |                        |
|            | SG                | 6,6               | 6,1  | 6,3   | 0,3517           | 0,5651            | 0,4261            | 0,8816                 |
|            | Média             | 6,4               | 5,9  |       |                  |                   |                   |                        |

CG: dieta com glicerina; SG: dieta sem glicerina; L\*: luminosidade; a\*: intensidade de vermelho/verde; b\*: intensidade de amarelo/azul.

<sup>1</sup>Período de adaptação; <sup>2</sup>Período de terminação; <sup>3</sup>Adaptação × Terminação; <sup>4</sup>EPM: erro padrão da média;

### ***Digestibilidade in vitro da MS das dietas***

A inclusão de glicerina bruta nas dietas aumentou a digestibilidade da MS para a dieta de adaptação 2 (P=0,0003) e para a dieta de terminação (P<0,0001, Tabela 5).

**Tabela 5**

Digestibilidade *in vitro* da MS das dietas experimentais utilizadas no período de adaptação e terminação de bovinos Nelore alimentados com dietas com presença (CG) ou ausência de glicerina bruta (SG) no período de adaptação e terminação do confinamento.

| Dieta                   | Glicerina bruta |       | EPM <sup>1</sup> | p, valor |
|-------------------------|-----------------|-------|------------------|----------|
|                         | Com             | Sem   |                  |          |
| 1 <sup>2</sup>          | 84,12           | 82,37 | 0,8587           | 0,3185   |
| 2 <sup>3</sup>          | 76,31           | 69,09 | 11,1880          | 0,0003   |
| 3 <sup>4</sup>          | 76,11           | 75,21 | 0,8365           | 0,6032   |
| Terminação <sup>5</sup> | 85,59           | 70,83 | 1,5866           | <,0001   |

Médias, seguidas por letras minúsculas diferentes na linha, diferem entre si (Tukey, 5%);

<sup>1</sup>EPM: erro padrão da média; <sup>2</sup>Dieta de adaptação com 75% de concentrado; <sup>3</sup> Dieta de adaptação com 55% de concentrado; <sup>4</sup> Dieta de adaptação com 35% de concentrado; <sup>5</sup>Dieta de terminação com 85% de concentrado;

#### 4. Discussão

##### ***Desempenho***

Os efeitos positivos (menor CMS, maiores GPD, PF e EA) observados com a inclusão de glicerina bruta durante o confinamento podem ser justificados pelo rápido aporte energético fornecido por este coproduto. Segundo Bergner et al. (1995), a glicerina bruta desaparece do rúmen em até 6 horas, sendo rapidamente absorvida pela parede ruminal fornecendo um grande número de substratos gliconeogênicos (Krehbiel, 2008).

A inclusão de glicerina bruta no período de adaptação do confinamento preparou melhor os animais para a dieta de terminação com alto concentrado, como pode ser observado na Tabela 2, onde os maiores valores para GPD e PF obtido pelos animais recebendo glicerina durante a adaptação, demonstrando a importância de utilizar esse ingrediente durante este período do confinamento, haja vista que a fermentação da glicerina bruta tem aspectos diferentes à dos ingredientes energéticos comumente utilizados em confinamentos (Van Cleef et al., 2015). Apesar da similaridade de produto final de fermentação (ácido propiônico) entre a glicerina bruta e demais ingredientes energéticos, a fermentação da glicerina bruta é realizada pela Via do Succinato, isto porque sua inclusão não reduz o pH ruminal, mantendo-o a

níveis constantes (Avila-Stagno et al., 2013; Van Cleef et al., 2015). A redução drástica do pH é o principal fator que induz as bactérias ruminais a utilizarem a Via do Acrilato como rota fermentativa, ocorrendo principalmente em dietas ricas em amido (Berchielli, Pires e Oliveira, 2011). Nesta rota há a formação do lactato, ácido este responsável pelas quedas drásticas do pH ruminal. A acidose láctica ruminal pós-ingestão de alto amido pode gerar efeitos negativos sobre o consumo alimentar e desempenho de ganho de peso dos animais em confinamento. Segundo Russel e Hino (1985) dietas de alto amido fornecem substratos para todas as bactérias ruminais, inclusive para as oportunistas como a *Streptococcus bovis* que produzem o ácido láctico. O ácido láctico é considerado um ácido forte (pKa: 3,86) com alto poder de acidificação ruminal, sendo o principal responsável pela acidose ruminal em confinamentos, enquanto que o propionato e butirato são considerados ácidos fracos pois possuem pKa mais alto, 4,87 e 4,82, respectivamente (DUNLOP, 1972). Neste trabalho a glicerina bruta substituiu mais de 50% do milho das dietas, este fato nos dá subsídio para afirmar que a fermentação ruminal dos animais que receberam glicerina bruta foi menos prejudicial que a dieta sem inclusão.

Da mesma forma, a inclusão de glicerina bruta durante o período de terminação proporcionou efeitos significativos ao desempenho dos animais. A inclusão nesta fase refletiu em menor CMS e menor GPD, contudo proporcionou maior EA destes animais, demonstrando que a glicerina bruta possibilita a melhor utilização dos nutrientes das dietas. Corroborando com este estudo, Pyatt et al. (2007) reportaram uma redução de 10,1% no CMS e aumento de 19,2% na EA dos animais quando incluíram 10% de glicerina bruta em dieta à base de cereais.

A falta de diferenças significativas no peso de carcaça quente e rendimento de carcaça nos mostra a homogeneidade dos animais, justificada também pelo mesmo peso inicial ao confinamento. A inclusão de glicerina bruta não foi capaz de interferir nessas variáveis, mostrando ser um ingrediente alternativo aos ingredientes energéticos.

### **Característica das carcaças**

Neste estudo o valor médio de pH 24 horas após o abate foi de 6.2, em geral, pH maiores que 5.8 após esse período podem gerar carne de cor mais escura, devido

a menor oxigenação da mioglobina de superfície (Ledward, et al, 1992; Price e Schwiebert, 1987). Contudo não foram observadas diferenças para as variáveis L\*, a\* e b\* pela inclusão de glicerina bruta durante o período de adaptação e/ou terminação, provavelmente isto se deu pela homogeneidade da idade e condição sexual dos animais (Ramos e Gomide, 2007). Os valores encontrados para as variáveis L\* e a\* neste estudo são semelhantes aos relatados por Muchenje et al. (2009), que observaram valores entre 33,2 e 41,0 para luminosidade, 11,1-23,6 para a vermelho/verde e 6,1-11,3 para amarelo/azul.

Da mesma forma, alguns estudos com bovinos confinados alimentados com glicerina bruta não encontraram alteração significativa nas características de carcaça, apesar do pH do músculo *Longissimus dorsi* também se apresentar acima de 5,8 (Lage et al., 2014; Van Cleef et al., 2014; San Vito et al., 2015). Provavelmente, bovinos Nelore alimentados com dietas alto concentrado e não estressados necessitam de maior tempo para a redução do pH do músculo, assim como observado por Young et al. (2004), que relatam que animais com altas reservas de glicogênio muscular e que não sofreram estresse pré-abate, precisam de aproximadamente 48h para a finalização do *rigor mortis*, com redução do pH de 7,0-7,2 para 5,4-5,8.

### ***Digestibilidade in vitro da MS das dietas***

As maiores digestibilidades da MS encontradas com a inclusão de glicerina bruta nas dietas de adaptação nível 2 e nas dietas de terminação já eram esperadas, simplesmente pelo rápido desaparecimento da glicerina bruta no rúmen e também pelo fato deste coproduto não apresentar carboidrato fibroso em sua composição. Segundo Johns (1953), em até 2 horas após a incubação *in vitro* 80% da glicerina desaparecem do conteúdo ruminal incubado, já Kijora et al. (1998) relataram que 85% do glicerol desaparecem em 2 horas não sendo detectados no duodeno. Há também o fato das dietas com inclusão de glicerina bruta apresentarem ureia em suas composições (Tabela 1). A ureia é uma fonte de nitrogênio não proteico de rápida liberação ruminal, neste sentido a associação ureia e glicerina bruta pode ter fornecido substratos proteicos e energéticos ao mesmo tempo para os microrganismos ruminais, fazendo com que houvesse maior crescimento e reprodução destes microrganismos, aumentando o aproveitamento das dietas.

## 5. Conclusões

O uso da glicerina bruta durante o período de adaptação de animais recebendo dietas de alto concentrado melhora o desempenho final animal.

O uso da glicerina bruta durante o período de terminação de animais recebendo dietas de alto concentrado reduz o CMS, melhora a EA e aumenta o RCQ dos animais.

A inclusão de glicerina bruta nas dietas de alto concentrado de bovinos confinados não altera o pH e cor do músculo *Longissimus dorsi*.

A digestibilidade in vitro da MS das dietas é melhorada com a presença de glicerina.

## 6. Referências

- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**, 16<sup>th</sup> ed., Arlington, 1998.
- AVILA-STAGNO, J.; CHAVES, A. V.; HE, M. L.; HARSTAD, O. M.; BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M.; MCALLISTER, T. A. Effects of increasing concentrations of glycerol in concentrate diets on nutrient digestibility, methane emissions, growth, fatty acid profiles and carcass traits of lambs. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 2, p. 829–837, 2013.
- BERCHIELLI, T. T.; PIREZ, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. 2 ed. Jaboticabal: Funep, 2011.
- BERGNER, H.; KIJORA, C.; CERESNAKOVA, Z.; SZAKACS, J. *In vitro* studies on glycerol transformation by rumen microorganisms. **Archiv. fur Tierernahrung**, v. 48, p. 245-256, 1995.
- BITTAR, C. M. M.; FERREIRA, L. S.; SANTOS, F. A. P.; ZOPOLLATTO, M. Desempenho e desenvolvimento do trato digestório superior de bezerros leiteiros alimentados com concentrado de diferentes formas físicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 8, p. 1561-1567, 2009.
- DUNLOP, R.H. Pathogenesis of ruminant lactic acidosis. **Advances in Veterinary Science and Comparative Medicine**, v.16, p.259-302, 1972.
- EDWARDS, H. D.; ANDERSON, R. C.; MILLER, R. K.; TAYLOR, T. M.; HARDIN, M. D.; SMITH, S. B. et al. Glycerol inhibition of ruminal lipases in vitro. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 5176–5181, 2012.
- EVANS, H. L.; WIEGAND, B. R.; KERLEY, M. S. Characterization of meat quality and lipid profile from steers fed crude glycerol. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 40, 2008.
- GERPEN, J. V. Biodiesel processing and production. **Fuel Processing Technology**. v.86, n. 10, p. 1097–1107, 2005.
- GUNN, P. J., SCHULTZ, A. F., VAN EMON, M. L., NEARY, M. K., LEMENAGER, R. P., RUSK, C. P., LAKE, S. L. Effects of elevated crude glycerin concentrations on feedlot performance, carcass characteristics, and serum metabolite and hormone concentrations in finishing ewe and wether lambs. **The Professional Animal Scientist**, v. 26, p. 298-306, 2010.

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

HALES, K. E.; BONDURANT, R. G.; LUEBBE, M. K.; COLE, N. A.; MACDONALD, J. C. Effects of crude glycerin in steam-flaked corn-based diets fed to growing feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 3875–3880, 2013.

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

KIJORA C., BERGNER, H.; GOTZ, H. P.; BARTELT, J.; SZAKAS, J.; SOMMER, A. Research note: investigation on the metabolism of glycerol in the rumen of bulls. **Archives of Animal Nutrition**, v. 51, p. 341-348, 1998.

KREHBIEL, C. R. Ruminal and physiological metabolism of glycerin. **Journal of Animal Science**, v. 86, suppl. 2, p. 392, 2008.

LAGE, J. F.; BERCHIELLI, T. T.; SAN VITO, E.; SILVA, R. A.; RIBEIRO, A. F.; REIS, R. A.; DALLANTONIA, E. E.; SIMONETTI, L. R.; DELEVATTI, L. M.; MACHADO, M. Fatty acid profile, carcass and meat quality traits of young Nellore bulls fed crude glycerin replacing energy sources in the concentrate. **Meat Science**, v. 96, p. 1158–1164, 2014.

LEDWARD, D. A.; JOHNSTON, D. E.; KNIGHT, M. K. **The Chemistry of Muscle Based Foods**, Cambridge, 1992.

MUCHENJE, V.; DZAMA, B. K.; CHIMONYO, M.; STRYDOM, P. E.; HUGO, A.; RAATS J. G. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. **Food Chemistry**, v. 112, p. 279–289. 2009.

NRC. National Research Council. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7 ed. Washington: National Academic Press, 1996, 242 p.

PRICE, J. F.; SCHWIEGERT, B.S. **The science of meat and meat products**, v. 3, Westport, 1987.

PYATT, A.; DOANE, P.H.; CECAVA, M.J. Effect of crude glycerin in finishing cattle diets. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 412. Supplement. 2007.

RAMOS, E. M., GOMIDE, L. A. M. **Avaliações da qualidade de carne: fundamentos e metodologias**. Viçosa, MG, UFV, 2007, 599 p.

RUSSEL, J. B., HINO, T. Regulation of lactate production in *Streptococcus bovis*: a spiraling effect that leads to rumen acidosis. **Journal of Dairy Science**, v. 68, p. 1712-21, 1985.

SAN VITO, E.; LAGE, J. F.; RIBEIRO, A. F.; SILVA, R. A.; BERCHIELLI, T. T. Fatty acid profile, carcass and quality traits of meat from Nellore young bulls on pasture supplemented with crude glycerin. **Meat Science**, 100, p. 17–23, 2015.

SCHNEIDER, C. J. **Crude glycerin in feedlot cattle diets and as a solvent in maillard reaction processes intended for manufacturing value-added protein meals**. Thesis (M.Sc.). Kansas State University, Manhattan, 2010.

SCHOONMAKER, J. P.; FLUHARTY, F. L.; LOERCH, S. C. Effect of source and amount of energy and rate of growth in the growing phase on adipocyte cellularity and lipogenic enzyme activity in the intramuscular and subcutaneous fat depots of Holstein steers. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 1, p. 137-148, 2004.

VAN CLEEF, E. H. C. B.; EZEQUIEL, J. M. B.; DÀUREA, A. P.; FAVARO, V. R.; SANCANARI, J. B. D. Crude glycerin in diets for feedlot Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, 2, p. 86-91, 2014.

VAN CLEEF, E.H.C.B.; ALMEIDA, M.T.C.; PEREZ, H.L.; VAN CLEEF, F.O.S.; SILVA, D.A.V.; EZEQUIEL, J.M.B. Crude glycerin changes ruminal parameters, in vitro greenhouse gas profile, and bacterial fractions of beef cattle. **Livestock Science**. v. 178, p. 158-164, 2015.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VERSEMANN, B.A.; WIEGAND, B. R.; KERLEY, M. S. Dietary inclusion of crude glycerol changes beef steer growth performance and intramuscular fat deposition. **Journal of Animal Science**, v. 86. 2008.

YOUNG, O. A.; WEST, J.; HART, A. L.; VAN OTTERDIJK, F. F. H. A method for early determination of meat ultimate pH. **Meat Science**, v. 66, n. 2, p. 493–498, 2004.

### **CAPÍTULO 3 – Efeitos da inclusão de glicerina bruta em dietas de alto concentrado para bovinos Nelore confinados: comportamento alimentar e morfologia ruminal**

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da inclusão de glicerina bruta em dietas de alto concentrado no período de adaptação e terminação de bovinos em confinamento. O comportamento alimentar, a incidência de rumenites e abscessos hepáticos e a morfologia das papilas ruminais foram analisadas. Sessenta bovinos Nelore não castrados, foram distribuídos em delineamento de blocos casualizados em arranjo fatorial 2×2, sendo uma dieta com presença e uma com ausência de 30% MS de glicerina bruta e dois períodos de confinamento (adaptação e terminação). As dietas foram formuladas para serem isoenergéticas (1.0 Mcal ELg/kg MS) e isoproteicas (12,5% PB/MS). Os dados foram avaliados utilizando o procedimento MIXED do software SAS. Houve efeito da inclusão de glicerina bruta em ambos os períodos do confinamento (adaptação e terminação), em que a inclusão proporcionou maiores tempos de alimentação total para os animais ( $P>0,05$ ). A inclusão de glicerina bruta no período de terminação do confinamento proporcionou aos animais menores tempos de ruminação em pé ( $P=0,0233$ ), maiores tempos de mastigação total ( $P=0,0162$ ), menores consumos de MS ( $P=0,0011$ ), menores eficiências de alimentação ( $P<0,0001$ ) e menores números de bolos ingeridos por dia ( $P=0,0287$ ). O índice mitótico foi maior para os animais que receberam glicerina bruta no período de terminação do confinamento ( $P=0,0005$ ). A inclusão de glicerina bruta não altera as características comportamentais, nem a morfologia das papilas ruminais, e mostrou-se ser um ingrediente alternativo à adaptação dos animais a dietas de alto concentrado.

**Palavras-chave:** glicerol, papilas, ingestão

## **1. Introdução**

A manipulação dietética nos sistemas de confinamento de bovinos, em que há utilização de alto concentrado, tem se tornado uma ferramenta indispensável nos dias de hoje, principalmente no intuito de prevenir doenças e distúrbios metabólicos e maximizar o desempenho produtivo dos animais.

Alguns ingredientes podem promover a capacidade de remoção de ácidos graxos de cadeia curta no rúmen, através dos seus produtos finais da fermentação (AGCCs), simplesmente por estimularem o crescimento das papilas, reduzindo o acúmulo de ácidos no conteúdo ruminal (Nagaraja e Titgemeyer, 2007; Nagaraja e Lechtenberg, 2007; Costa et al., 2008), fornecendo assim um ambiente saudável para fermentação e proliferação de microrganismos desejáveis no rúmen. A utilização de subprodutos na alimentação animal, além de reduzir o custo final das dietas pela substituição de ingredientes tradicionais (milho e soja) pode também beneficiar à fermentação ruminal.

Recentes trabalhos têm demonstrado que a glicerina bruta é uma fonte alternativa aos cereais em dietas para bovinos de corte, com resultados positivos sobre o ganho de peso dos animais (Schneider, 2010; Hales et al, 2013), além de proporcionar a mitigação do metano ruminal (Avila-Stagno et al., 2013; Van Cleef et al., 2015), e gerar estabilidade ruminal, com melhora nas condições de fermentação e aproveitamento de nutrientes (Van Cleef et al., 2011a; Van Cleef et al., 2011b; Aperce et al., 2011). Contudo, a maioria dos estudos realizados com glicerina bruta avaliou os efeitos da inclusão em um período total de confinamento, não observando a possibilidade de este subproduto interferir positivamente somente na fase inicial ou final do confinamento.

Dessa forma, objetivou-se avaliar a inclusão de glicerina bruta (30% MS) em substituição ao milho em dietas de alto concentrado (85%) no período de adaptação e terminação de bovinos Nelore em confinamento, e seu reflexo sobre as variáveis de comportamento alimentar e de desenvolvimento da morfologia da mucosa ruminal.

## **2. Material e métodos**

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Câmpus de Jaboticabal e foi aprovado

conforme normas da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), sob protocolo nº007435/13.

### **Animais, local e dietas experimentais**

Foram utilizados 60 bovinos Nelore não castrados com  $300,52 \pm 28,48$ kg de PC e 18 meses de idade, provenientes de recria em sistema de pastejo contínuo, predominante de forrageira do gênero *Brachiaria*. Inicialmente, os animais foram pesados, identificados e receberam vitaminas ADE e anti-helmínticos.

Os animais foram distribuídos em três blocos conforme o peso inicial (leve, mediano e pesado), e alocados casualmente em baias individuais (10 m<sup>2</sup>) com comedouros e bebedouros individuais. Os animais foram submetidos a um período de alimentação padrão (15 dias), a base de silagem de milho *ad libitum*. Este período (pré-adaptação) foi usado para adaptar os animais ao ambiente e reduzir qualquer influência latente de manejo nutricional anterior, homogeneizando os animais em relação à saúde do rúmen.

Após a pré-adaptação, iniciou-se o período experimental denominado de adaptação (14 dias), onde 30 animais receberam uma dieta com inclusão de glicerina bruta e 30 animais receberam uma dieta sem inclusão de glicerina bruta. A oferta de alimento foi *ad libitum* e o protocolo utilizado foi o “step up” com três dietas: dieta 1: 75% de volumoso por 4 dias; dieta 2: 55% de volumoso por 5 dias; dieta 3: 35% de volumoso por 5 dias, totalizando 14 dias de adaptação.

No 15º dia experimental iniciou-se o fornecimento das dietas de terminação, com 15% de volumoso e 85% de concentrado, sendo uma com inclusão de glicerina bruta (CG) e outra sem inclusão de glicerina bruta (SG). Dos animais (n=30) que receberam glicerina bruta na adaptação, 15 continuaram a receber glicerina bruta na dieta (CG-CG) e 15 passaram a receber uma dieta sem glicerina bruta (CG-SG) durante o período de terminação. Dos animais (n=30) que não receberam glicerina bruta na adaptação, 15 continuaram a não receber glicerina na dieta (SG-SG) e 15 animais passaram a receber uma dieta com glicerina bruta (SG-CG), perfazendo assim, quatro tratamentos para o período de terminação (CG-CG, CG-SG, SG-SG e SG-CG).

As dietas foram formuladas segundo recomendações nutricionais do NRC (1996), para ganhos de peso diários de 1,50 kg/dia, e avaliadas pelo software Large Ruminant Nutrition System 1.0.12, nível 2 (LRNS, 2000). Os ingredientes utilizados foram silagem de milho (20% de grãos), milho grão moído, glicerina bruta (83% de glicerol), farelo de girassol, ureia, casca de soja, calcário calcítico, suplemento mineral e glutenose (Tabela 1).

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia (06h00 e 16h00). O consumo foi ajustado diariamente com base nas sobras antes da primeira refeição (6h00), considerando 10% de sobras como padrão para o ajuste. O período experimental total foi de 77 dias de confinamento.

### **Comportamento ingestivo**

Os dados de comportamento alimentar foram registrados em intervalos de 5 minutos durante 24 horas de observações visuais. Foram registrados o tempo despendido em alimentação, ruminação e ócio (horas por dia), número de refeições/dia e o consumo de MS (CMS). As eficiências de alimentação e ruminação em função da matéria seca (MS) foram calculadas de acordo com as equações descritas por Bürger et al. (2000).

O CMS do período comportamental foi calculado através da diferença entre a quantidade do alimento ofertado no dia da observação e a quantidade do alimento nas sobras, após 24 horas, ambos calculados em relação a MS do alimento. A determinação da MS da dieta total foi efetuada para se obter o consumo em kg de MS no dia da observação.

**Tabela 1**

Composição percentual dos ingredientes e composição nutricional das dietas experimentais.

| Item                         | Adaptação CG <sup>1</sup> |      |      | Adaptação SG <sup>2</sup> |      |      | Terminação <sup>3</sup> |      |
|------------------------------|---------------------------|------|------|---------------------------|------|------|-------------------------|------|
|                              | 1                         | 2    | 3    | 1                         | 2    | 3    | CG                      | SG   |
| Ingredientes (%)             |                           |      |      |                           |      |      |                         |      |
| Silagem de milho             | 73,0                      | 56,0 | 35,0 | 73,9                      | 56,6 | 37,0 | 18,9                    | 18,7 |
| Milho grão moído             | 0,0                       | 0,0  | 0,0  | 14,6                      | 30,5 | 29,8 | 20,3                    | 45,0 |
| Glicerina bruta              | 14,5                      | 28,9 | 30,0 | 0,0                       | 0,0  | 0,0  | 30,6                    | 0,0  |
| Casca de soja                | 0,0                       | 0,0  | 22,0 | 0,0                       | 0,0  | 21,2 | 17,6                    | 24,9 |
| Farelo girassol              | 7,6                       | 10,0 | 10,1 | 8,3                       | 10,3 | 10,6 | 10,5                    | 10,3 |
| Glutenose                    | 3,4                       | 3,4  | 1,0  | 1,80                      | 1,30 | 0,3  | 0,0                     | 0,0  |
| Ureia                        | 0,6                       | 0,8  | 1,0  | 0,50                      | 0,30 | 0,2  | 1,2                     | 0,1  |
| Sal mineral <sup>4</sup>     | 0,5                       | 0,5  | 0,5  | 0,50                      | 0,50 | 0,5  | 0,5                     | 0,5  |
| Calcário calcítico           | 0,4                       | 0,4  | 0,4  | 0,40                      | 0,50 | 0,4  | 0,4                     | 0,5  |
| Composição nutricional       |                           |      |      |                           |      |      |                         |      |
| MS, %                        | 37,0                      | 43,0 | 53,0 | 37,0                      | 42,0 | 52,0 | 65,0                    | 65,0 |
| PB, % MS                     | 12,5                      | 12,5 | 12,5 | 12,5                      | 12,5 | 12,5 | 12,5                    | 12,5 |
| FDN, % MS                    | 41,7                      | 33,2 | 38,3 | 47,20                     | 41,7 | 45,0 | 29,6                    | 38,6 |
| FDNef, % MS <sup>5</sup>     | 34,0                      | 27,0 | 22,0 | 37,0                      | 31,0 | 26,0 | 16,0                    | 20,0 |
| FDA, % MS                    | 25,2                      | 23,4 | 26,8 | 30,1                      | 24,9 | 30,7 | 20,5                    | 28,0 |
| EE, % MS                     | 3,4                       | 4,9  | 4,5  | 3,5                       | 3,4  | 2,8  | 4,2                     | 3,7  |
| Ca, % MS                     | 0,4                       | 0,4  | 0,4  | 0,4                       | 0,4  | 0,4  | 0,4                     | 0,4  |
| P, % MS                      | 0,2                       | 0,2  | 0,2  | 0,3                       | 0,3  | 0,3  | 0,2                     | 0,3  |
| EM, Mcal/Kg MS <sup>6</sup>  | 2,49                      | 2,55 | 2,48 | 2,54                      | 2,62 | 2,56 | 2,68                    | 2,61 |
| ELg, Mcal/kg MS <sup>6</sup> | 0,99                      | 1,04 | 0,99 | 1,04                      | 1,09 | 1,05 | 1,14                    | 1,09 |

<sup>1</sup>Dietas de adaptação com glicerina bruta (Adaptação CG); <sup>2</sup>Dietas de adaptação sem glicerina bruta (Adaptação SG); 1: 75% de volumoso; 2: 55% de volumoso; 3: 35% de volumoso; <sup>3</sup>Dietas de terminação com glicerina bruta (CG) e sem glicerina bruta (SG); <sup>4</sup>Sal mineral= Suplemento Mineral para Bovinos, níveis de garantia/ 1000g do produto: P: 40g, Ca: 80g, Na: 195g, Cl: 300g, Mg: 5g, S: 26g, Zn: 2000mg, Cu: 1000mg, Mn: 500mg, Co: 100mg, I: 100mg, Se: 5mg, F: máx.) 400mg, veículo q.s.p. 1000g.<sup>5</sup>Fibra fisicamente efetiva e <sup>6</sup>Energia metabolizável e líquida para ganho estimadas através do NRC (1996);

### Índice de rumenites e abscessos hepáticos

O escore subjetivo para avaliação da incidência de rumenites foi realizado após a evacuação e lavagem do rúmen. O epitélio ruminal foi classificado conforme a incidência de lesões (rumenite e paraqueratose), atribuindo uma nota de 0 (nenhuma lesão ou anormalidades) a 10 (lesões ulcerativas severas) segundo metodologia de Bigham e McMamus (1975).

Os fígados foram classificados conforme a quantidade e severidade dos abscessos (Brink et al., 1990). Uma nota de 0 a 3 foi atribuída a cada fígado, em que a nota 0 correspondia a fígado sem abscessos, nota 1 para fígado com um ou dois pequenos abscessos (<2,5 cm), nota 2 para fígado com dois a quatro abscessos (<2,5 cm) e nota 3 para fígado com um ou mais abscessos grandes (> 2,5 cm).

### Morfologia das papilas ruminais

Para avaliação da morfologia das papilas ruminais foi recolhido um fragmento de 1 cm<sup>2</sup> da região saco cranial do rúmen, e imerso em solução tampão fosfato (PBS= 0,79g de NaCl; 0,223g de Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>; 0,0524 g de NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; H<sub>2</sub>O qsp 100mL; pH 7,4) conforme Daniel et al. (2006). As variáveis analisadas foram: número médio de papilas por cm<sup>2</sup> de parede ruminal (NMP), área média das papilas ruminais por cm<sup>2</sup> (AMP), área da superfície total de absorção por cm<sup>2</sup> de parede (ASA) e participação das papilas ruminais na área total de superfície absorptiva (PSA), conforme descrito por Resende Júnior et al. (2006).

A AMP foi mensurada através das imagens digitalizadas das papilas e da superfície parietal do fragmento do rúmen (Software Image J®). Em cada fragmento foi analisada a área da face parietal e área média das papilas seccionadas aleatoriamente da base. A ASA foi calculada através da fórmula:  $ASA = 1 + (NMP * AMP) - (NMP * AB)$ . Em que: o número 1 representa o fragmento de 1 cm<sup>2</sup> analisado, AB é a área basal de cada papila ruminal. A PSA foi calculada através

fórmula:  $PSA = \frac{(NMP * AMP)}{ASA} * 100$

### Índice mitótico das papilas ruminais

Foram coletados fragmentos da parede do saco ventral do rúmen e fixados por 12 horas em líquido de Bouin (Luna, 1968), após esse período as amostras foram

mantidas em álcool a 70GL. Os fragmentos fixados foram processados rotineiramente e incluídos em parafina histológica. Os blocos de parafina foram seccionados em micrótomo manual Leica®, obtendo-se secções de 4 micrômetros de espessura. As lâminas foram coradas pela hematoxilina-eosina. Para a determinação do índice mitótico (IM), utilizou-se microscópio de luz, em aumento de 40x. O IM foi determinado pela divisão de todas as células apresentando figuras mitóticas pelo número total de núcleos contados.

### **Delineamento experimental e análises estatísticas**

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em arranjo fatorial cruzado 2×2, sendo os fatores glicerina bruta (presença ou ausência) e período do confinamento (adaptação ou terminação), constituindo dessa forma quatro tratamentos experimentais: CGCG - adaptação e terminação com glicerina, SGSG - adaptação e terminação sem glicerina, CGSG - adaptação com glicerina e terminação sem glicerina e SGCG - adaptação sem glicerina e terminação com glicerina. Cada tratamento foi composto por 15 animais, sendo considerado cada animal uma unidade experimental para este estudo.

Os blocos experimentais foram constituídos com base no peso inicial, totalizando 3 blocos (leve, mediano e pesado).

Todos os dados foram analisados por meio do procedimento MIXED do software SAS (versão 9.2 SAS Inc. Inc., Cary, N. C.). Os fatores incluídos no modelo foram inclusão de glicerina bruta, período de adaptação ou terminação e bloco. Foi testado a homocedasticidade e normalidade dos erros e quando necessário retirou-se os outliers e valores influentes.

## **3. Resultados**

### **Comportamento Ingestivo**

Não foram observados efeitos significativos de interação da inclusão de glicerina bruta entre os períodos do confinamento (adaptação *versus* terminação) para nenhuma das variáveis do comportamento alimentar ( $P > 0,05$ , Tabelas 2 e 3).

A inclusão de glicerina bruta no período de terminação dos animais proporcionou menor consumo de matéria seca (CMS,  $P = 0,0011$ ), menor eficiência de

alimentação (EAL,  $P < 0,0001$ ) e menor número de bolos (BOL) ingeridos por dia ( $P = 0,0287$ , Tabela 2).

**Tabela 2**

Consumo de MS, eficiência de alimentação e ruminação do comportamento ingestivo de bovinos Nelore recebendo dietas com presença (CG) ou ausência de glicerina bruta (SG) no período de adaptação e terminação do confinamento.

| Item                                     | Adap <sup>1</sup> | Term <sup>2</sup> |       | Média | EPM <sup>4</sup> | Efeito, p-valor   |                   |                        |
|------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------|-------|------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
|                                          |                   | CG                | SG    |       |                  | Adap <sup>1</sup> | Term <sup>2</sup> | Adap*Term <sup>3</sup> |
| CMS, Kg d <sup>-1</sup>                  | CG                | 12,1              | 14,8  | 13,5  | 0,3865           | 0,8296            | 0,0011            | 0,5358                 |
|                                          | SG                | 11,1              | 15,6  | 13,3  |                  |                   |                   |                        |
|                                          | Média             | 11,6              | 15,2  |       |                  |                   |                   |                        |
| EAL <sup>5</sup> , Kg MS h <sup>-1</sup> | CG                | 2,8               | 3,9   | 3,4   | 0,1932           | 0,6433            | <.0001            | 0,1755                 |
|                                          | SG                | 2,5               | 4,5   | 3,5   |                  |                   |                   |                        |
|                                          | Média             | 2,7               | 4,2   |       |                  |                   |                   |                        |
| ERU <sup>6</sup> , Kg MS h <sup>-1</sup> | CG                | 5,5               | 6,1   | 5,8   | 0,2255           | 0,2887            | 0,9100            | 0,2697                 |
|                                          | SG                | 5,5               | 5,1   | 5,3   |                  |                   |                   |                        |
|                                          | Média             | 5,5               | 5,6   |       |                  |                   |                   |                        |
| BOL <sup>7</sup> , n° d <sup>-1</sup>    | CG                | 145,7             | 152,2 | 148,9 | 6,0658           | 0,7462            | 0,0287            | 0,1618                 |
|                                          | SG                | 129,9             | 165,9 | 147,9 |                  |                   |                   |                        |
|                                          | Média             | 137,8             | 159,0 |       |                  |                   |                   |                        |

<sup>1</sup> Período de adaptação; <sup>2</sup> Período de terminação; <sup>3</sup> Adaptação *versus* Terminação; <sup>4</sup> EPM: erro padrão da média; <sup>5</sup> EAL = Eficiência de alimentação; <sup>6</sup> ERU<sub>MS</sub> = Eficiência de ruminação da matéria seca; <sup>7</sup> BOL = número total de bolos alimentares ingeridos por dia.

A inclusão de glicerina bruta no período de adaptação e terminação do confinamento não interferiu no tempo de ruminação deitado (TRD), ruminação total (TRT), ócio em pé (TOP), ócio deitado (TOD) e ócio total (TOT) dos animais. Porém, a inclusão aumentou o tempo de alimentação total (TAL) dos animais quando incluída em ambos os períodos ( $P < 0,05$ , Tabela 3).

A inclusão de glicerina bruta no período de terminação do confinamento proporcionou aos animais menor tempo de ruminação em pé (TRP,  $P = 0,0233$ ) e maior tempo de mastigação total (TMT,  $P = 0,0162$ ).

**Tabela 3**

Comportamento ingestivo de bovinos Nelore recebendo dietas com presença (CG) ou ausência de glicerina bruta (SG) no período de adaptação e terminação do confinamento.

| Item                                    | Adap <sup>1</sup> | Term <sup>2</sup> |      | Média | EPM <sup>4</sup> | Efeito, p-valor   |                   |                        |
|-----------------------------------------|-------------------|-------------------|------|-------|------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
|                                         |                   | CG                | SG   |       |                  | Adap <sup>1</sup> | Term <sup>2</sup> | Adap*Term <sup>3</sup> |
| TAL <sup>5</sup> , h dia <sup>-1</sup>  | CG                | 5,1               | 3,7  | 4,4   | 0,1428           | 0,0238            | <.0001            | 0,6459                 |
|                                         | SG                | 4,4               | 3,3  | 3,9   |                  |                   |                   |                        |
|                                         | Média             | 4,7               | 3,5  |       |                  |                   |                   |                        |
| TRP <sup>6</sup> , h dia <sup>-1</sup>  | CG                | 0,2               | 0,2  | 0,2   | 0,0231           | 0,4196            | 0,0233            | 0,469                  |
|                                         | SG                | 0,1               | 0,2  | 0,2   |                  |                   |                   |                        |
|                                         | Média             | 0,1               | 0,2  |       |                  |                   |                   |                        |
| TRD <sup>7</sup> , h dia <sup>-1</sup>  | CG                | 2,1               | 1,9  | 2,0   | 0,1099           | 0,8757            | 0,3156            | 0,0525                 |
|                                         | SG                | 1,7               | 2,4  | 2,0   |                  |                   |                   |                        |
|                                         | Média             | 1,9               | 2,1  |       |                  |                   |                   |                        |
| TRT <sup>8</sup> , h dia <sup>-1</sup>  | CG                | 2,4               | 2,3  | 2,4   | 0,0978           | 0,4349            | 0,0787            | 0,0513                 |
|                                         | SG                | 1,9               | 2,6  | 2,2   |                  |                   |                   |                        |
|                                         | Média             | 2,1               | 2,5  |       |                  |                   |                   |                        |
| TOP <sup>9</sup> , h dia <sup>-1</sup>  | CG                | 5,5               | 5,8  | 5,6   | 0,2073           | 0,5051            | 0,4935            | 0,1665                 |
|                                         | SG                | 5,8               | 4,9  | 5,4   |                  |                   |                   |                        |
|                                         | Média             | 5,7               | 5,4  |       |                  |                   |                   |                        |
| TOD <sup>10</sup> , h dia <sup>-1</sup> | CG                | 10,9              | 11,9 | 11,4  | 0,2908           | 0,5582            | 0,2058            | 0,6787                 |
|                                         | SG                | 11,5              | 12,0 | 11,7  |                  |                   |                   |                        |
|                                         | Média             | 11,2              | 12,0 |       |                  |                   |                   |                        |
| TOT <sup>11</sup> , h dia <sup>-1</sup> | CG                | 16,4              | 17,7 | 17,1  | 3,33             | 0,7290            | 0,2752            | 0,1087                 |
|                                         | SG                | 17,3              | 17   | 17,1  |                  |                   |                   |                        |
|                                         | Média             | 16,9              | 17,4 |       |                  |                   |                   |                        |
| TMT <sup>12</sup> , h dia <sup>-1</sup> | CG                | 7,5               | 6,2  | 6,8   | 0,1793           | 0,2071            | 0,0162            | 0,3514                 |
|                                         | SG                | 7,0               | 6,2  | 6,6   |                  |                   |                   |                        |
|                                         | Média             | 7,2               | 6,2  |       |                  |                   |                   |                        |

<sup>1</sup> Período de adaptação; <sup>2</sup> Período de terminação; <sup>3</sup> Adaptação *versus* Terminação; <sup>4</sup> EPM: erro padrão da média; <sup>5</sup> TAL = Tempo de alimentação; <sup>6</sup> TRP = Tempo ruminando em pé; <sup>7</sup> TRD = Tempo ruminando deitado; <sup>8</sup> TRT = Tempo de ruminação total; <sup>9</sup> TOP = Tempo ócio em pé; <sup>10</sup> TOD = Tempo ócio deitado; <sup>11</sup> TOT = Tempo de ócio total; <sup>12</sup> TMT = Tempo de mastigação total.

### Abscessos hepáticos, rumenites e morfologia ruminal

Não foram observados efeitos significativos de interação e da inclusão de glicerina bruta entre os períodos do confinamento (adaptação *versus* terminação) para o índice de abscessos hepáticos, índice de rumenites, e para nenhuma das variáveis da morfologia da parede ruminal ( $P>0,05$ , Tabela 4). Exceto para o índice mitótico

(IM), que foi menor para os animais que receberam glicerina bruta na fase de terminação do confinamento ( $P=0,0005$ , Tabela 4).

**Tabela 4**

Incidência de abscessos hepáticos e rumenites (%), morfologia e índice mitótico (%) da parede ruminal de bovinos Nelore recebendo dietas com presença (CG) ou ausência de glicerina bruta (SG) no período de adaptação e terminação do confinamento.

| Item              | Adap <sup>1</sup> | Term <sup>2</sup> |       | Média | EPM <sup>4</sup> | Efeito, p-valor   |                   |                        |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------|-------|------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
|                   |                   | CG                | SG    |       |                  | Adap <sup>1</sup> | Term <sup>2</sup> | Adap*Term <sup>3</sup> |
| ABH <sup>5</sup>  | CG                | 13,33             | 25,71 | 19,52 | 3,1059           | 0,7862            | 0,1597            | 0,5873                 |
|                   | SG                | 18,46             | 24,00 | 21,23 |                  |                   |                   |                        |
|                   | Média             | 15,89             | 24,85 |       |                  |                   |                   |                        |
| RMT <sup>6</sup>  | CG                | 9,06              | 21,29 | 15,17 | 34,299           | 0,7689            | 0,0680            | 0,9653                 |
|                   | SG                | 11,22             | 22,89 | 17,05 |                  |                   |                   |                        |
|                   | Média             | 10,14             | 22,09 |       |                  |                   |                   |                        |
| AMP <sup>7</sup>  | CG                | 0,15              | 0,13  | 0,1   | 0,0066           | 0,2850            | 0,5065            | 0,4169                 |
|                   | SG                | 0,16              | 0,16  | 0,2   |                  |                   |                   |                        |
|                   | Média             | 0,2               | 0,1   |       |                  |                   |                   |                        |
| NMP <sup>8</sup>  | CG                | 56,75             | 55,25 | 56    | 0,0332           | 0,1639            | 0,5026            | 0,3449                 |
|                   | SG                | 59,23             | 68    | 63,6  |                  |                   |                   |                        |
|                   | Média             | 58                | 61,6  |       |                  |                   |                   |                        |
| ASA <sup>9</sup>  | CG                | 20,6              | 19,7  | 20,1  | 1,7551           | 0,0699            | 0,3425            | 0,1723                 |
|                   | SG                | 22,9              | 24,8  | 23,8  |                  |                   |                   |                        |
|                   | Média             | 21,7              | 22,2  |       |                  |                   |                   |                        |
| PSA <sup>10</sup> | CG                | 96,7              | 94,8  | 95,7  | 0,3995           | 0,4250            | 0,7888            | 0,1091                 |
|                   | SG                | 95,8              | 97,2  | 96,5  |                  |                   |                   |                        |
|                   | Média             | 96,2              | 96    |       |                  |                   |                   |                        |
| IM <sup>11</sup>  | CG                | 31,7              | 46,18 | 38,93 | 1,3365           | 0,5737            | 0,0005            | 0,1249                 |
|                   | SG                | 34,41             | 40,71 | 37,56 |                  |                   |                   |                        |
|                   | Média             | 33,05             | 43,44 |       |                  |                   |                   |                        |

<sup>1</sup>Período de adaptação; <sup>2</sup> Período de terminação; <sup>3</sup>Adaptação × Terminação; <sup>4</sup>EPM: erro padrão da média; <sup>5</sup>ABH: abscesso hepático; <sup>6</sup>RMT: rumenites; <sup>7</sup>AMP: área média da papila; <sup>8</sup>NMP: número médio de papilas/cm<sup>2</sup> de parede ruminal; <sup>9</sup>ASA: área absorviva; <sup>10</sup>PSA: participação das papilas na ASA; <sup>11</sup>IM: índice mitótico.

#### 4. Discussão

O menor consumo de MS observado quando a glicerina bruta foi incluída nas dietas no período de terminação, pode ser devido ao rápido aporte energético fornecido por este coproduto. Após a ingestão, a glicerina bruta é rapidamente fermentada no rúmen, gerando AGCC, sendo em maioria o ácido propiônico (Van Cleef et al, 2015). A metabolização deste composto em energia promove a saciedade dos animais. Além disso, a glicerina bruta que não é fermentada no rúmen pode ser diretamente absorvida pelo epitélio ruminal e ser metabolizada em glicose no fígado (Donkin, 2008). Em ambos os processos a glicerina bruta pode reduzir o CMS pelo controle quimiostático (Mertens, 1992).

Apesar da redução observada no CMS, os animais que receberam glicerina bruta passaram mais tempo se alimentando (TAL) e mastigando (TMT), esses aumentos foram de 13 e 16% respectivamente, e foram reflexos da inclusão da glicerina bruta no período de adaptação, já a inclusão em ambos os períodos refletiu em aumentos de 35% para os tempos gastos com a alimentação (TAL). Esses aumentos indicam que este coproduto modula o consumo dos animais, fazendo com que permanecessem mais tempo se alimentando, porém, em menores quantidades por vez (Tabela 3). Ao satisfazer a demanda energética os animais reduzem a ingestão de alimento, pois o CMS é influenciado pela capacidade de utilização da energia absorvida (Van Soest, 1994), comprovando que a glicerina bruta supre mais rapidamente as necessidades energéticas do animal. Resultados semelhantes também foram observados por Parsons et al (2009) e Meale et al. (2013), que relataram redução no CMS para ovinos e bovinos, respectivamente, quando alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta.

A ausência de inclusão da glicerina bruta no período de terminação refletiu em maior tempo de ruminação em pé (TRP) pelos animais, esse fato pode indicar um desconforto para o animal, causado provavelmente por quadros de acidose, gerados pela fermentação indevida no rúmen. Os animais em condições normais e sem estresse preferem ruminar deitados (Marques et al., 2005). Esses animais também passaram menores tempos se alimentando (TAL) e mastigando (TMT), o que provavelmente gerou produção irregular de AGCC, promovendo variações no pH ruminal. Segundo Nagaraja et al. (2005) e Steele et al. (2009) o acúmulo de AGCC

gera danos ao epitélio ruminal com consequentes respostas sistêmicas como rumenites e abscessos hepáticos. Contudo, neste trabalho o alto teor de concentrado das dietas, com milho ou glicerina bruta, não prejudicaram visivelmente a parede ruminal e o fígado dos animais.

Não foi observado neste trabalho efeitos significativos da inclusão de glicerina durante a adaptação ou terminação dos animais sobre as variáveis morfológicas do rúmen ( $P>0,05$ ). Esse resultado é contraditório, uma vez que a glicerina proporciona aumento na produção de propionato, que atua diretamente na variação do tamanho papilar (Owens et al., 1998; Resende Júnior e Cruz, 2006). Entretanto, foi observado menor índice mitótico ( $P=0,0005$ ) quando a glicerina foi incluída durante o período de terminação dos animais. Esse menor IM significa uma menor quantidade de núcleos se proliferando, demonstrando que o epitélio ruminal estava mais adaptado a dieta, por outro lado, a dieta com ausência de glicerina bruta apresentou maior proliferação celular. Isto pode ter ocorrido devido ao elevado teor de milho desta dieta (45% MS). Segundo, Steele et al. (2011) em dietas com alto amido ocorre aumento na taxa de proliferação das células, resultando em transição precoce das células para a camada de queratina do epitélio. Corroborando com esta afirmação, Wang et al. (2009) observaram que as dietas com alto teor de amido (46% MS) alteraram a morfologia ruminal, com reduções na altura e superfície das papilas.

Em relação ao índice de rumenites e abscessos hepáticos não foi observado diferença estatística para nenhum dos tratamentos, provavelmente o curto tempo do período de terminação (63 dias) influenciou nestas variáveis. Uma vez que, em geral, a maioria dos abscessos hepáticos surgem nos últimos 60 dias do período de confinamento (Nagaraja e Lechtenberg, 2007), lembrando que os abscessos hepáticos são reflexos da presença de rumenites.

## **5. Conclusões**

A inclusão de glicerina bruta em dietas de alto concentrado no período de adaptação de bovinos Nelore não altera as características comportamentais, nem a morfologia das papilas ruminiais.

A inclusão de glicerina bruta em dietas de alto concentrado no período de terminação reduz o CMS e modula a ingestão de alimento.

A glicerina bruta mostrou-se um ótimo ingrediente para adaptar os animais a dietas de alto concentrado.

## 6. Referências

APERCE, C.; SCHNEIDER, C.; LITTON, L.; MILLER, K.; VAN BIBBER, C.; UWITUZE, S.; ALVARADO, C.; BLAINE, K.; HIGGINS, J.; DROUILLARD, J. S. Carryover effects of crude glycerine fed during the growing phase on finishing cattle performance and carcass characteristics. **Advances in Animal Bioscience**, v. 2, p. 431, 2011.

AVILA-STAGNO, J.; CHAVES, A. V.; HE, M. L.; HARSTAD, O. M.; BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M.; MCALLISTER, T. A.. Effects of increasing concentrations of glycerol in concentrate diets on nutrient digestibility, methane emissions, growth, fatty acid profiles and carcass traits of lambs. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 2, p. 829–837, 2013.

BIGHAM, M. L.; MCMANUS, W. R. Whole wheat grain feeding of lambs. Effects of roughage and wheat grain mixtures. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 26, p. 1053-1062, 1975.

BRINK, D.R.; LOWRY, S.R.; STOCK, R.A.; PARROT, J.C. Severity of liver abscesses and efficiency of feed utilization of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 68, p.1201-1207, 1990.

BÜRGER, P. J., PEREIRA, J. C., QUEIROZ, A. C., SILVA, J. F. C., VALADARES FILHO, S. C., CECON, P. R., CASALI, A. D. P. Comportamento Ingestivo em Bezerros Holandeses Alimentados com Dietas Contendo Diferentes Níveis de Concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 236-242, 2000.

COSTA, S.F., PEREIRA, M.N., MELO, L.Q., RESENDE JÚNIOR, J.C., CHAVES, M.L. Alterações morfológicas induzidas por butirato, propionato e lactato sobre a mucosa ruminal e a epiderme de bezerros: I Aspectos histológicos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia [online]**, v. 60, n. 1, p.1-9, 2008.

DANIEL, J. L. P.; RESENDE JÚNIOR, J. C.; CRUZ, F. J. Participação do rumino-retículo e omaso na superfície absorptiva total do proventrículo de bovinos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 43, p. 688-694, 2006.

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

HALES, K. E.; BONDURANT, R. G.; LUEBBE, M. K.; COLE, N. A.; MACDONALD, J. C. Effects of crude glycerin in steam-flaked corn-based diets fed to growing feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 3875–3880, 2013.

MARQUES, J. A., MAGGIONI, D., ABRAHÃO, J. J. S., GUILHERME, E., BEZERRA, G. A. E LUGÃO, S. M. B. Comportamento de touros jovens em confinamento alojados isoladamente ou em grupo. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, v. 13, p. 97-102, 2005.

MEALE, S.J., CHAVES, A. V., DING, S., BUSH, R. D., MCALLISTER, T. A. Effects of crude glycerin supplementation on wool production, feeding behavior, and body condition of Merino ewes. **Journal of Animal Science**. v. 91, p. 878–885, 2013.

MERTENS, D. R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação e formulação de rações. In: Simpósio Internacional de Ruminantes, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p.188-219.

NAGARAJA, T. G., NARAYANAN, S. K., STEWART, G. C., CHENGAPPA, M. M. *Fusobacterium necrophorum* infections in animals: Pathogenesis and pathogenic mechanisms. **Anaerobe**, v. 11, p. 239-246, 2005.

NAGARAJA, T.G., TITGEMEYER, E.C. Ruminal Acidosis in Beef Cattle: The Current Microbiological and Nutritional Outlook. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. E17- E38, 2006.

NAGARAJA, T.G. E LECHTENBERG, K. F. Acidosis in Feedlot Cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 23, n. 2, p. 333–350, 2007.

NRC. National Research Council. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7<sup>th</sup> ed. Washington: National Academic Press, 1996, 242 p.

OWENS, F.N. et al. Acidosis in cattle: a review. **Journal of Animal Science**, v.76, p.275-286, 1998.

PARSONS, G. L., SHELOR, M. K., DROUILLARD, J. S. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 2, p. 653- 657, 2009.

RESENDE JÚNIOR, J. C.; ALONSO, L. S.; PEREIRA, M. N.; ROCA, M. G. M.; DUBOC, M. V.; OLIVEIRA, E. C.; MELO, L. Q. Effect of the feeding pattern on rumen

wall morphology of cows and sheep. **Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science**, v. 43, p. 526-536, 2006.

SCHNEIDER, C. J. **Crude glycerin in feedlot cattle diets and as a solvent in maillard reaction processes intended for manufacturing value-added protein meals**. Thesis (M.Sc.). Kansas State University, Manhattan, 2010.

STEELE, M. A., ALZAHAL, O., HOOK, S. E., GREENWOOD, S., MCBRIDE, B. W. A temporal characterization of rumen epithelium response to dramatic shifts in dietary fermentable carbohydrates. **Journal of Animal Science**, 87, (E-suppl. 2)/ **Journal of Dairy Science**, v. 92 (E-Suppl. 1), p. 132, 2009.

STEELE, M. A.; VANDERVOORT, G.; ALZAHAL, O.; HOOK, S. E.; MATTHEWS, J.C.; MCBRIDE, B.W. Rumen epithelial adaptation to high-grain diets involves the coordinated regulation of genes involved in cholesterol homeostasis. **Physiological Genomics**, v. 43, p. 308–316, 2011.

VAN CLEEF, E. H. C. B., ALMEIDA, M. T. C., PEREZ, H. L., VAN CLEEF, F. O. S., SILVA, D. A. V., EZEQUIEL, J. M. B. Crude glycerin changes ruminal parameters, in vitro greenhouse gas profile, and bacterial fractions of beef cattle. **Livestock Science**, v. 178, p. 158-164, 2015.

VAN CLEEF, E. H. C. B., UWITUZE, S., DROUILLARD, J.S. Effects of crude glycerin on *in vitro* gas production, dry matter disappearance, VFA profiles, and composition of fermentative gasses. **Journal of Animal Science**, v. 89 (E-Suppl.1), p. 613, 2011a.

VAN CLEEF, E. H. C. B.; UWITUZE, S.; VAN BIBBER, C. L.; MILLER, K. A.; APERCE, C. C.; BLAINE, K. L.; HIGGINS, J. J.; DROUILLARD, J. S. Effects of crude glycerin in byproduct diets on performance and carcass characteristics of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 89 (E-Suppl. 1), p. 198, 2011b.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. Ed. Cornell University. 1994, p. 476.

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

## CAPÍTULO 4 – Implicações

O Brasil possui alta produção de resíduos, subprodutos e coprodutos agroindustriais, tornando o uso destas altamente viáveis economicamente durante épocas de alta no preço dos ingredientes comumente utilizados, como o milho. Sendo assim, avaliar o uso destes coprodutos como fonte energética e, principalmente, como ingredientes capazes de reduzir distúrbios metabólicos tornam-se interessante. Gerar informações úteis a serem utilizadas nas práticas comerciais atuais.

Os experimentos realizados por este grupo têm demonstrado que o uso de glicerina em dietas para ruminantes é possível e viável em diversas categorias e espécie animal, não alterando o desempenho dos animais e, por vezes, reduzindo o custo da produção através da redução do CMS sem alterar o ganho de peso dos animais, o que torna este ingrediente muito interessante em períodos de alta nos preços dos cereais utilizados nas rações.

Neste trabalho, a ideia inicial era realizar abates periódicos durante as diferentes etapas do período experimental (pré-adaptação, adaptação e terminação dos animais), visando acompanhar *in locu* a morfologia do rúmen frente a dieta alto concentrado na presença ou ausência de glicerina, contudo isto não foi possível devido ao baixo peso desses animais, que seriam penalizados no frigorífico, gerando um valor de carcaça abaixo do requerido. Considero essa ausência de abate pós-adaptação um fator negativo aos resultados finais, pois a esses dados seriam importantes para afirmarmos o que realmente aconteceu durante e depois do período de adaptação, entretanto, foi possível manter a qualidade dos resultados devido ao trabalho árduo dos colaboradores/ estagiários.

Outro fato relevante que deve ser escrito aqui é a importância da escolha do local, ingredientes, colaboradores e animais envolvidos no trabalho. Um experimento envolvendo bovinos confinados exige muita atenção e trabalho braçal. Neste trabalho, utilizamos 60 bovinos Nelore, 85% de concentrado e 30% de glicerina na MS das dietas. Diariamente pesávamos o concentrado e a glicerina, os quais eram misturados manualmente no momento da alimentação, ou seja, um trabalho que demandava muito tempo e atenção para não ocorrer déficit ou excesso de alimento ou seleção de ingredientes pelos animais devido a falha na mistura. Portanto, sugere-se a formação de um grupo de trabalho consciente e com vontade de trabalhar, assim como ocorreu

neste projeto, além da aquisição de maquinários para a mistura e distribuição das dietas de forma homogênea e rápida, e limpeza do ambiente.