

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**INFLUÊNCIA DA INCLUSÃO DE GLICERINA EM SUBSTITUIÇÃO
AO FARELO DE MESOCARPO DE BABAÇU E MILHETO NA
QUALIDADE DA CARNE BOVINA**

Maria Izabel Amaral Souza
Orientador: Prof. Dr. Moacir Evandro Lage

GOIÂNIA
2019



**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Nome completo do autor: Maria Izabel Amaral Souza

Título do trabalho: INFLUÊNCIA DA INCLUSÃO DE GLICERINA EM
SUBSTITUIÇÃO AO FARELO DE MESOCARPO DE BABAÇU E MILHETO NA
QUALIDADE DA CARNE BOVINA

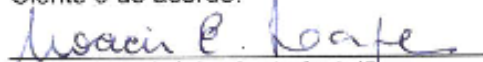
3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 04 /04 /2019

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² A assinatura deve ser escaneada.

MARIA IZABEL AMARAL SOUZA

**INFLUÊNCIA DA INCLUSÃO DE GLICERINA EM SUBSTITUIÇÃO
AO FARELO DE MESOCARPO DE BABAÇU E MILHETO NA
QUALIDADE DA CARNE BOVINA**

Tese apresentada para a obtenção do título de
Doutor em Ciência Animal junto à Escola de
Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal
de Goiás

Área de Concentração:

Saúde animal, Tecnologia e Segurança de
alimentos

Linha de Pesquisa:

Tecnologia e inspeção de alimentos

Orientador:

Prof. Dr. Moacir Evandro Lage – EVZ/UFG

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Cristiano Sales Prado - EVZ/UFG

Profa. Dra. Cíntia Silva M. e Rezende -EVZ/UFG

GOIÂNIA

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Souza, Maria Izabel Amaral

Influência da inclusão de glicerina em substituição ao farelo de mesocarpo de babaçu e milho na qualidade da carne bovina [manuscrito] / Maria Izabel Amaral Souza. - 2019.
xix, 75 f.

Orientador: Prof. Dr. Moacir Evandro Lage; co-orientador Dr. Cristiano Sales Prado; co-orientador Dr. Cíntia Silva Minafra e Rezende.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Goiânia, 2019.

Inclui abreviaturas, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. ácidos graxos. 2. colágeno. 3. minerais. 4. índice de fragmentação miofibrilar. 5. aterogenicidade. I. Lage, Moacir Evandro, orient. II. Título.

- 1 ATA NÚMERO 267 DE DEFESA DE TESE DE **DOUTORADO** DO PROGRAMA DE PÓS-
2 GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL DA ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA DA
3 UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS, REALIZADA POR **Maria Izabel Amaral Souza**. Às
4 **09h00min** do dia **01/03/2019**, reuniu-se na Sala de Defesas do Programa de Pós-Graduação em
5 Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, Campus
6 Samambaia, nesta Capital Goiânia - Goiás, a Comissão Julgadora infra nomeada para proceder ao
7 julgamento da Defesa de Tese de Doutorado apresentado (a) pelo (a) Pós-Graduando (a) **Maria**
8 **Izabel Amaral Souza**, intitulada "**Influência da inclusão de glicerina em substituição ao farelo**
9 **de mesocarpio de babaçu e milho na qualidade da carne bovina**", apresentada para obtenção
10 do **Título de Doutor em Ciência Animal**, junto à Área de Concentração: **Saúde Animal,**
11 **Tecnologia e Segurança de Alimentos** desta Universidade. O (A) Presidente da Comissão
12 Julgadora **Prof. Dr. Moacir Evandro Lage**, iniciando os trabalhos, concedeu a palavra ao (a)
13 candidato (a) **Maria Izabel Amaral Souza** para exposição em **quarenta** minutos do seu trabalho.
14 A seguir, o (a) senhor (a) Presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos
15 Examinadores, os quais passaram a arguir o (a) candidato (a), durante o prazo máximo de **vinte**
16 minutos, assegurando-se ao mesmo igual prazo para responder aos Senhores Examinadores.
17 Ultimada a arguição, que se desenvolveu nos termos regimentais, a Comissão, em sessão secreta,
18 expressou seu Julgamento, considerando o (a) candidato (a) **Aprovado (a) ou Reprovado (a)**:
19 Prof. Dr. Moacir Evandro Lage Aprovado
20 Prof. Dr. Raphael Rocha de Oliveira APROVADO
21 Prof. Dr. Tiago Pereira Guimarães Aprovado
22 Prof.ª. Dr.ª. Luciane Sperandio Floriano APROVADO
23 Prof.ª. Dr.ª. Clarice Gebara Muraro Serrate Cordeiro Tenório aprovado
24 Em face do resultado obtido, a Comissão Julgadora considerou o (a) candidato (a) **Maria Izabel**
25 **Amaral Souza**, HABILITADA [(**Habilitado (a) ou não Habilitado (a)**)] pelo(s)
26 motivo(s) abaixo exposto(s):
27 _____
28 _____
29 _____
30 _____
31 _____
32 _____

ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL



UFG

33 _____
34 _____
35 _____
36 _____
37 _____

38 A Banca Examinadora aprovou a seguinte alteração no título da tese:

39 _____
40 _____
41 _____
42 _____
43 _____
44 _____

45 Nada mais havendo a tratar, eu, **Prof. Dr. Moacir Evandro Lage**, lavrei a presente ata que, após
46 lida e achada conforme, foi por todos assinada.

47 Prof. Dr. Moacir Evandro Lage

48 Prof. Dr. Raphael Rocha de Oliveira

49 Prof. Dr. Tiago Pereira Guimarães

50 Prof.ª Dr.ª. Luciane Sperandio Floriano

51 Prof.ª Dr.ª. Clarice Gebara Muraro Serrate Cordeiro Tenório

Moacir E. Lage
Raphael Rocha de Oliveira
[Signature]
[Signature]
[Signature]

Dedico aos meus pais Antônio e Versielena pela dedicação e esforço para a concretização dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

A Deus por sua infinita bondade, por me conceder a vida e a alegria de viver na certeza do seu amor, por sempre guiar meus passos no melhor caminho, por ser luz e fonte de esperança nos momentos difíceis da caminhada, por não me deixar estremecer diante das dificuldades.

A minha família, pois sem ela nada seria possível, em especial aos meus pais Antônio José de Souza e Versielena Rosa Amaral Souza por serem o sustento da casa com seus exemplos e dedicação, por terem construído um alicerce forte, serem dignos e me ensinarem valores, por apoiarem minhas decisões e me acolherem no seu infinito amor, os amo imensamente! Aos meus amados irmãos Antônio José de Souza Júnior e Diogo César Amaral Souza por serem exemplo de pessoas humildes, por sempre estarem disponíveis para me ajudar e por todo o incentivo concebido. Às minhas queridas cunhadas Daianne Machado da Silva Souza e Terezinha Pereira dos Santos Souza pelo incentivo e apoio, e por serem mães das crianças mais amadas no mundo, meus queridos sobrinhos, Kauan Machado de Souza, Victor Hugo Silva Souza, Maria Luíza dos Santos Souza e Antônio Gabriel dos Santos Souza, a dindinha ama muito vocês! Obrigada por fazerem minha vida mais feliz!

Aos meus familiares e amigos que entenderam que a minha ausência foi necessária para a conclusão dos meus objetivos, obrigada pela compreensão e incentivo. Obrigada por estarem comigo nos bons e maus momentos, por acreditarem que eu poderia vencer.

Ao meu orientador Professor Doutor Moacir Evandro Lage, por ser exemplo de pessoa e profissional dedicado, por me ensinar sobre medicina veterinária, qualidade de carnes, conserto de equipamentos e sobre a vida, puxando minha orelha quando necessário, me incentivando a buscar meus objetivos e não desistir dos meus ideais.

Aos professores da Escola de Veterinária e Zootecnia, em especial aos meus coorientadores, a Professora Doutora Cíntia Silva Minafra e Rezende pelo seu incentivo, companheirismo, apoio, pelas palavras amigas, conselhos valiosos e sorrisos fáceis e ao Professor Doutor Cristiano Sales Prado pelas orientações, disponibilidade, ajuda e incentivo. Aos colaboradores e companheiros de laboratório no Centro de Pesquisa em Alimentos (CPA) pelos ensinamentos repassados e momentos compartilhados, em especial Marcos, Leandro, Wanderson, Alana, Bianca, Hudson e José Carlos. Aos colaboradores externos que trabalharam no CPA durante minha jornada, agradeço ao Sr. Adair, Sr. Geraldino, Ansíria e

Maria Aparecida, pelas recepções calorosas e conversas prazerosas em meio a dias estressantes.

Aos meus amigos de graduação que me acompanham e me incentivam até hoje! Aos meus companheiros de aulas e análises durante a pós graduação, pelo tempo maravilhoso de convivência, pelas horas dedicadas ao entendimento de metodologias, pelos muitos dias de testes e exaustivas repetições até chegarmos ao resultado correto, pelas dores de cabeça, mas principalmente pelo conhecimento adquirido e compartilhado! A Renata Cunha dos Reis, pelo incentivo e conhecimento compartilhado, pela sua amizade sincera. A Francine Oliveira Souza Duarte, por sua grande amizade durante este período, por sua paciência em me explicar uma metodologia mil vezes se fosse necessário, por me ajudar em análises difíceis, por lavar muitas vidrarias comigo, pelos conselhos, pelas risadas, por ser autêntica, forte e humana!

A Escola de Veterinária e Zootecnia e a Universidade Federal de Goiás, aos profissionais que fazem com que esta universidade seja um ótimo lugar de estudo, obrigada pelo acolhimento e por me moldar na profissão de médica veterinária desde a graduação até a conclusão dos meus objetivos como doutora. Dizem que a leitura nos leva para outros mundos e através dos ensijos oferecidos pela Escola de Veterinária e Zootecnia e pela Universidade Federal de Goiás tive a possibilidade de conhecer e vivenciar experiências em outro país, conhecendo um mundo de oportunidades e experiências incríveis.

Ao professor Doutor Emmanuel Arnhold pelo tempo, dedicação e disposição nos ensinamentos de estatística.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal pelo acolhimento e formação, aos professores que fazem parte deste programa e contribuem para que ele melhore a cada dia. Agradeço a Professora Doutora Naida Cristina Borges, a Professora Doutora Danieli Brolo Martins e aos colaboradores pela disposição, eficiência e solicitude.

Ao Professor Doutor João Restle pela experiência compartilhada e apoio durante todo o percurso. A Ana Clara Bohlen por ceder as amostras do seu experimento para o desenvolvimento das análises deste trabalho.

A CAPES pelo apoio financeiro durante o período de doutorado, sem o qual seria muito difícil concretizar meu sonho, pelo financiamento e excelente oportunidade de realizar parte das minhas atividades no Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior.

A Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa (FMV-ULISBOA) pelo acolhimento durante o doutorado sanduíche. Ao Professor Doutor Rui José Branquinho de Bessa pela orientação, ensinamentos e experiências compartilhadas A Doutora Susana P. Alves, pelos ensinamentos, pela disponibilização de material, paciência e

solicitude. Aos companheiros durante a estadia na Universidade de Lisboa pela recepção e convívio enriquecedor.

Aos brasileiros que conheci em Lisboa, que foram muito importantes neste período de adaptação a novos horizontes, contribuindo com enriquecimento pessoal além da possibilidade de conhecer realidades brasileiras tão distintas.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	01
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. Subprodutos da agroindústria na alimentação animal	03
2.1.1. Glicerina bruta na alimentação de ruminantes	04
2.2. Influência da nutrição nas características físico-químicas da carne	05
2.2.1 Maciez	05
2.2.2. Cor	07
2.2.3 Oxidação lipídica.....	09
2.2.4 Perfil mineral	11
2.2.5 Vitamina E	11
2.2.6 Colesterol	12
2.2.7 Perfil de ácidos graxos.....	13
3. OBJETIVO	18
3.1. Objetivo geral	18
3.1. Objetivos específicos.....	18
4. REFERÊNCIAS	19
CAPÍTULO 2 - QUALIDADE DA CARNE DE TOURINHOS ALIMENTADOS COM INCLUSÃO DE GLICERINA BRUTA NA DIETA	31
RESUMO	31
ABSTRACT	32
1. INTRODUÇÃO.....	33
2. MATERIAL E MÉTODOS	34
2.1. Obtenção das amostras	34
2.2. Análises físico-químicas	36
2.2.1 Composição centesimal.....	36
2.2.2 Perfil mineral	36
2.2.3 Análise de cor	36
2.2.4 Índice de Fragmentação Miofibrilar	37
2.2.5. Determinação de colágeno total e solúvel.....	38
2.2.6. Determinação de vitamina E e colesterol	39
2.2.7 Oxidação lipídica.....	40

2.2.9 Delineamento experimental.....	40
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4. CONCLUSÃO.....	45
5. REFERÊNCIAS	46
CAPÍTULO 3 - PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DA CARNE DE TOURINHOS ALIMENTADOS COM INCLUSÃO DE GLICERINA BRUTA NA DIETA.....	52
RESUMO	52
ABSTRACT	53
1. INTRODUÇÃO.....	54
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	56
2.1. Obtenção das amostras	56
2.2. Perfil de ácidos graxos	56
2.3 Delineamento experimental.....	59
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4. CONCLUSÕES.....	67
5. REFERÊNCIAS	68
CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	75

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Caminhos para biossíntese de ácidos graxos de cadeia longa.....	14
FIGURA 2 - Vias da biohidrogenação dos ácidos linoléico e linolênico.....	15

LISTA DE TABELAS

- TABELA 2.1 - Ingredientes e composição química das dietas experimentais 35
- TABELA 2.2 - Média de lipídios, umidade, cinzas e proteína ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) de amostras de carne de animais mestiços alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta zero, 60, 120 e $240 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu 41
- TABELA 2.3 - Média de índice de fragmentação miofibrilar (IFM), colágeno total (CT), colágeno solúvel (CS) de amostras de carne de animais mestiços alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta zero, 60, 120 e $240 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ em substituição à associação do grão de milho mais farelo do mesocarpo do babaçu..... 41
- TABELA 2.4 - Média de valores de Cor de amostras de carne de animais mestiços alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta zero, 60, 120 e $240 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ em substituição à associação do grão de milho mais farelo do mesocarpo do babaçu..... 42
- TABELA 2.5 - Média de vitamina E, colesterol e TBA de amostras de carne de animais mestiços alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta zero, 60, 120 e $240 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ em substituição à associação do grão de milho mais farelo do mesocarpo do babaçu 43
- TABELA 2.6 - Média de valores dos minerais zinco, ferro, cálcio, magnésio, sódio e potássio ($\text{mg}/100\text{g}$) de amostras de carne de animais mestiços alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta zero, 60, 120 e $240 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ em substituição à associação do grão de milho mais farelo do mesocarpo do babaçu..... 44
- TABELA 3.1 - Composição dos ácidos graxos ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ total de AG) das dietas oferecidas aos animais com níveis crescentes de glicerina bruta zero, 60, 120 e 240

g.Kg⁻¹ em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu..... 59

TABELA 3.2 - Composição média dos ácidos graxos saturados (g.100g⁻¹total de AG) de amostras de carne de animais mestiços alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta zero, 60, 120 e 240 g.Kg⁻¹ em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu 60

TABELA 3.3 - Composição média dos ácidos graxos monoinsaturados (g.100g⁻¹total de AG) e atividade da Δ^9 dessaturase de amostras de carne de animais mestiços alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta zero, 60, 120 e 240 g.Kg⁻¹ em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu 61

TABELA 3.4 - Composição média dos ácidos graxos poli-insaturados (g.100g⁻¹total de AG) de amostras de carne de animais mestiços alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta zero, 60, 120 e 240 g.Kg⁻¹ em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu..... 64

TABELA 3.5 - Somatório ácidos graxos (g.100g⁻¹total de AG), relação ômega 6/ômega 3 e índice de aterogenicidade de amostras de carne de animais mestiços alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta zero, 60, 120 e 240 g.Kg⁻¹ em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu 65

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- AA: Ácido araquidônico
- AGCR: Ácido graxo de cadeia ramificada
- AGCI: Ácido graxo de cadeia ímpar
- AGI: Ácido graxo insaturado
- AGM: Ácido graxo monoinsaturado
- AGP: Ácido graxo poli-insaturado
- AGP n-3: Ácidos graxos poli-insaturados ômega 3
- AGP n-6: Ácidos graxos poli-insaturados ômega 6
- AGS: Ácido graxo saturado
- AGCC: Ácidos graxos de cadeia curta
- AOAC: Association of Official Agricultural Chemists
- BHA: Hidroxianisol butilado
- BHT: Hidroxitolueno butilado
- CIE: Commission Internationale de l'Eclairage
- CIISA: Centro de investigação interdisciplinar em saúde animal
- CLA: Ácido linoléico conjugado
- CLAE: Cromatografia líquida de alta eficiência
- CPA: Centro de Pesquisa em Alimentos
- CT: Colágeno total
- CS: Colágeno solúvel
- DHA: Ácido docosaheptaenóico
- DPA: Ácido docopentaenóico
- EPA: Ácido eicosapentaenóico
- EVZ: Escola de Veterinária e Zootecnia
- FAME: Ésteres metílicos de ácidos graxos
- FMB: Farelo de mesocarpo de babaçu
- HCl: Ácido clorídrico
- IFM: Índice de Fragmentação Miofibrilar
- LDL: Lipoproteína de baixa densidade
- MDA: Malonaldeído
- UFG: Universidade Federal de Goiás
- UFT: Universidade Federal do Tocantins

USDA: United States Department of Agriculture

TBA: Ácido tiobarbitúrico

TEP: 1,1,3,3 - tetraetoxipropano

RESUMO

Objetivou-se avaliar a qualidade de amostras de *Longissimus dorsi* obtidas de bovinos mestiços não castrados, com idade média de 30 meses, submetidos a uma alimentação com níveis crescentes de glicerina zero, 60, 120 e 240 g.Kg⁻¹ em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu na matéria seca da fração concentrada da dieta. Foram realizadas as análises de composição centesimal, índice de fragmentação miofibrilar, cor, teor de colágeno, vitamina E, colesterol, oxidação lipídica, minerais e perfil de ácidos graxos. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. Os dados obtidos foram analisados por regressão linear através do programa R. As análises de composição centesimal, índice de fragmentação miofibrilar e colágeno não apresentaram diferença ($P < 0,05$) com a adição de glicerina bruta à dieta. O índice a*, chroma, oxidação lipídica e vitamina E apresentaram regressão linear positiva com a inclusão de glicerina bruta ($P < 0,05$). Os valores de K diminuíram com a adição de glicerina bruta ($P < 0,05$), porém, estão dentro das variações para carne. As concentrações de ácidos graxos saturados e insaturados não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos avaliados, porém houve aumento das concentrações de ácidos graxos monoinsaturados *cis* e diminuição dos ácidos graxos poli-insaturados. A glicerina bruta pode ser utilizada na alimentação bovina, pois favoreceu as concentrações de vitamina E, melhorou a relação n6:n3 e não aumentou a quantidade de ácidos graxos colesterolêmicos.

Palavras-chave: ácidos graxos, colágeno, índice de fragmentação miofibrilar, minerais

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the quality of the meat by means of the composition analysis, myofibrillar fragmentation index, collagen, color, vitamin E, cholesterol, lipid oxidation, minerals and fatty acid profile of samples of *Longissimus dorsi* obtained from non-castrated crossbred cattle with an average age of 30 months, feeding with increasing levels of crude glycerin 0, 60, 120 and 240 g / kg, replacing the grain association of millet and babassu mesocarp bran in the dry matter of concentrated diet. A completely randomized experimental design was used with four treatments and six replicates. The data obtained were submitted to linear regression analysis through the R program. Composition analyzes, myofibrillar fragmentation index, collagen did not show significant difference ($P < 0.05$) with the addition of crude glycerin to the diet. The a^* , chroma index, lipid oxidation and vitamin E presented positive linear regression with the inclusion of crude glycerin ($P < 0.05$). The values of K ($P < 0.05$) decreased with the addition of crude glycerin, but being normal variations for beef. Saturated and unsaturated fatty acids levels did not show a significant difference between the evaluated treatments. Monounsaturated fatty acids increased while the polyunsaturated fatty acids level decrease. Crude glycerin can be used in cattle, because it favored vitamin E level, improved the n6: n3 ratio and did not increase the amount of cholesterolemic fatty acids.

Keywords: collagen, fatty acids, minerals, myofibrillar fragmentation index

CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

A preocupação em produzir alimentos para suprir as demandas populacionais é cada dia maior. No setor de produção animal encontrar fontes nutricionais para a criação dos animais é um desafio constante, pois muitos destes alimentos fazem parte da dieta humana, o que os torna caros e tende a diminuir a eficiência da produção.

A intensificação da produção pecuária leva à busca de outros alimentos como alternativas para reduzir os custos. Assim, a inclusão de subprodutos para substituir os ingredientes convencionais da ração e ao mesmo tempo atender à demanda de qualidade da carne com um impacto ambiental mínimo vem sendo estudada^{1,2}.

Um dos cereais que podem ser utilizados na substituição dos alimentos convencionais na nutrição dos ruminantes é o milho, que apresenta alto teor de energia, é fonte de amido, tem alto teor de proteína, tipicamente 14,5 g.100g⁻¹, além de altos teores do aminoácido essencial lisina e de lipídios, sendo fonte principalmente dos ácidos graxos oléico e linoleico³. A substituição do milho pelo milho em ração animal pode ter vantagens, como maior teor de proteína, menor incidência de micotoxinas e conteúdo lipídico semelhante⁴, porém, no Brasil a produção necessita ser explorada para ser uma opção rentável e nutritiva tanto para o homem quanto para os animais⁵.

Em busca de eficiência produtiva, pesquisas têm sido realizadas com vários tipos de subprodutos da agroindústria na alimentação animal, para avaliar os possíveis impactos na criação dos animais e na qualidade da carne. Dentre eles está o farelo de mesocarpo de babaçu^{6,7}, que apresenta 87,5% de matéria seca; 3,29% de proteína bruta; 1,1% de matéria mineral e 75,1% de amido, demonstrando a capacidade energética deste alimento, além de ser fonte de potássio, cloro e magnésio⁸.

Os subprodutos da indústria de biodiesel também podem ser utilizados na nutrição animal. Uma grande parte dos biocombustíveis é produzida a partir da transesterificação de lipídios com álcool, usando catálise básica, no entanto, os produtos da reação incluem não apenas o biodiesel, mas também subprodutos como a glicerina bruta e sabões⁹. A glicerina bruta é resultante da formação de ésteres metílicos de ácidos graxos dos triglicerídeos e corresponde a aproximadamente 10% do total de biodiesel produzido, sendo um subproduto muito importante^{7,10,11}.

Com o aumento da produção de biodiesel no Brasil devido ao grande potencial de produção existente, pela disponibilidade de terras e pela busca global por combustíveis sustentáveis, aumenta também a quantidade de glicerina bruta disponível no mercado^{12,13}, o que pode causar um grave problema ambiental se esta não tiver destinação correta. Porém, existe um interesse crescente no uso deste subproduto, que é fonte de energia, na dieta de animais, podendo evitar problemas ambientais^{14,15}.

A composição química da glicerina bruta ainda é bastante variável, sendo importante avaliar a qualidade para que o uso desse ingrediente não tenha efeitos tóxicos em ruminantes, principalmente em relação à concentração de metanol¹⁶.

Quanto à substituição de alimentos na nutrição dos animais deve-se questionar a viabilidade frente aos alimentos tradicionais¹⁷, levando-se em consideração a qualidade da carne produzida a partir da implementação de novas dietas¹⁸.

Para otimizar toda a eficiência do sistema de produção, é essencial que as relações entre a eficiência alimentar e outras características econômicas importantes, como a qualidade da carcaça, sejam conhecidas. Por isso, é importante avaliar a influência da alimentação nestas qualidades¹⁹.

A qualidade da carne engloba uma multiplicidade de fatores que incluem segurança alimentar, valor nutritivo, conteúdo lipídico e sua composição²⁰. As fibras musculares, o tecido conjuntivo e a gordura intramuscular tem papéis fundamentais nesta qualidade²¹.

Quanto a qualidade, a satisfação é primordial na percepção dos consumidores de carne, incluindo atributos como cor, textura, suculência, bem como sabor associado aos aromas quando consumida. A satisfação também está associada a qualidades tecnológicas, refletindo a capacidade do produto ser processado, mantendo por exemplo a capacidade de reter água durante a refrigeração, cozimento ou cominuição. A qualidade da carne sofre influência de vários fatores *ante e post mortem*, como espécie, genótipos, fatores nutricionais e ambientais, além de condições de abate e processamento²¹.

Melhorias no valor nutricional da carne têm recebido atenção considerável para alcançar benefícios à saúde humana e a prevenção de doenças. O conteúdo de proteína e os perfis de aminoácidos, são pouco influenciados pelos fatores de produção, como nutrição e genética, porém, os teores de micronutrientes, a quantidade de gordura e a composição de ácidos graxos podem ser alterados²².

A carne contribui de forma importante para as dietas humanas, pois possui composição nutricional rica em proteínas, gorduras, vitaminas A, do complexo B e D, além de

grandes quantidades de ferro, zinco e outras substâncias minerais, que favorecem o crescimento adequado e o desenvolvimento físico e cognitivo^{23,24}.

Como o manejo nutricional é um dos principais fatores que afetam a carcaça de bovinos e a conseqüente qualidade da carne que é fornecida ao público consumidor²⁵, Rodrigues et al.²⁶, defendem a importância de estudar o efeitos das dietas visando qualidades nutricionais, sensoriais e de conservação da carne, além dos benefícios que possam trazer à saúde humana. Assim, é essencial investigar se a utilização de subprodutos na alimentação de ruminantes afeta a qualidade da carne.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O uso de subprodutos agroindustriais na ração animal está se tornando cada vez mais comum em todo o mundo. O alto preço dos ingredientes convencionais, como o milho e a soja, levou os produtores de carne a buscarem ingredientes alternativos, que geralmente têm um custo de compra menor, mas exigem compreensão adequada de seu valor nutricional e aceitabilidade²⁷.

2.1. Subprodutos da agroindústria na alimentação animal

No intuito de manter a saúde animal e obter produtos animais de alta qualidade, com segurança e eficiência, o gerenciamento da composição da dieta representa a estratégia mais fácil de ser implementada a nível de propriedade²⁸.

A alimentação dos ruminantes é responsável por grande parte dos custos de produção^{29,30}, fazendo com que pesquisadores procurem alternativas nutricionais que sejam viáveis sem comprometer o consumo ou o desempenho animal³¹.

Uma das alternativas para manter a viabilidade dos custos de produção é o uso dos subprodutos da agroindústria na alimentação animal^{1,30}, mas para gerar margens de lucro, o produtor deve estar atento à disponibilidade, à qualidade nutricional e ao custo em relação aos alimentos tradicionais³².

As pesquisas quanto à inclusão de subprodutos da agroindústria na alimentação animal não são recentes. Muitos ensaios foram e vêm sendo realizados com vários tipos de subprodutos como polpa cítrica^{33,34}, resíduo de cervejaria³⁵, caroço de algodão³⁶, bagaço de laranja³⁷, resíduos de mandioca³⁸, babaçu^{39,40} e os subprodutos do biodiesel como ressaltam Oliveira et al.³².

Através do processo de transesterificação para produção de biodiesel são gerados os ésteres (nome químico do biodiesel) e a glicerina bruta⁴¹, além de tortas e farelos. Os subprodutos da produção de biodiesel vêm despertando interesse na nutrição animal, pois quando utilizados podem reduzir os custos e geralmente não afetam a produtividade ou a qualidade do produto final⁴².

2.1.1. Glicerina bruta na alimentação de ruminantes

A utilização de subprodutos do biodiesel na área de nutrição animal, dentre eles a glicerina bruta tem crescido^{2,9}. O aumento da disponibilidade de glicerina bruta resultante do aumento na produção de biodiesel renovou o interesse em usá-la como substituto de ingredientes à base de amido, como o milho^{13,43}.

Assim, devido às propriedades nutricionais, a glicerina bruta tornou-se uma opção atraente na alimentação de ruminantes^{17,44}. A suplementação com glicerina bruta melhora a disponibilidade de energia⁴¹ que é verificada pela maior quantidade de glicose no sangue dos animais⁴⁵.

A glicerina bruta quando ingerida pode ter três destinos incluindo passagem, com posterior absorção no intestino, absorção pelo epitélio ruminal e fermentação sendo os principais produtos propionato, lactato, succinato e acetato. A glicerina bruta absorvida é convertida no fígado pela glicerol quinase em glicerol-3-fosfato para ser usado na gliconeogênese^{16,46,47}.

Estudos com glicerina bruta vem sendo desenvolvidos para verificar os efeitos que este subproduto pode apresentar. Trabalhando com substituição parcial do milho moído seco por glicerina na fermentação ruminal, Benedeti et al.⁴⁸, verificaram aumento das concentrações totais de ácidos graxos de cadeia curta e da concentração de propionato, sem afetar a eficiência microbiana. AbuGhazaleh et al.⁴³, verificaram que as concentrações de butirato, valerato e isovalerato foram maiores em resposta à substituição de milho por glicerol. Lee et al.⁴⁴, demonstraram que a fermentação de glicerol produziu uma alta proporção de propionato e apresentou a menor relação acetato:propionato entre os tratamentos em 24 horas de incubação. Edwards et al.⁴⁹, constataram que a suplementação com 8 a 15% de glicerol pode reduzir a lipólise, sem afetar a digestão ruminal da matéria seca.

Dentre os estudos conduzidos com glicerina bruta, alguns avaliaram os efeitos sobre os parâmetros produtivos e qualidade de carcaça. Benedeti et al.⁴⁸, verificaram que a inclusão de glicerina não afetou a digestibilidade de matéria seca. van Cleef et al.²⁷, que

trabalharam com inclusão de zero, 7,5; 15; 22,5 e 30% de glicerina bruta na matéria seca da dieta, não observaram diferenças no desempenho, nem nas características de carcaça, nas concentrações estudadas. Facuri et al.³¹, trabalharam com níveis de zero, 4,82; 10,12 e 15,56 % de inclusão de glicerina em substituição ao milho na matéria seca da dieta e não encontraram influencia no consumo de ração, com melhores eficiências de alimentação e ruminação. San Vito et al.⁵⁰, avaliaram bovinos criados em pastagem suplementada com glicerina bruta nos níveis de zero, 7, 14, 21 e 28% na matéria seca da suplementação e não encontraram diferenças nas características das carcaças.

Além, da avaliação da substituição de ingredientes por glicerina, têm estudos avaliando sua utilização associada a outra fonte alimentar como o óleo de soja que reduziu a biohidrogenação³⁰, ou a composto antimicrobiano (virginamicina), porém, esta associação não apresentou resultados positivos para o desempenho, sequer para as características de carcaça⁵¹.

Na bovinocultura de corte a alimentação animal é um dos principais focos para melhoria da produtividade e eficiência dos sistemas de produção, bem como sua influência sobre as características do produto final³⁰. Desse modo, investir em pesquisas para analisar novas fontes alimentares e seus efeitos é extremamente necessário.

2.2. Influência da nutrição nas características físico-químicas da carne

Com intuito de melhoria no valor nutricional e no desenvolvimento de produtos benéficos à saúde humana e prevenção de doenças, têm se dado atenção à inovação nos sistemas de produção de bovinos.

Muitos fatores influenciam a qualidade da carne de ruminantes, os fatores diretamente ligados ao animal (raça, idade, sexo) e fatores externos ao animal (dieta, procedimentos de abate) indicados pela expressão genérica “ambiental”. Dentre os fatores ambientais, a alimentação desempenha um papel importante na determinação da qualidade, porém os efeitos específicos dos constituintes da dieta na qualidade da carne não são fáceis de avaliar⁵².

2.2.1. Maciez

Quando há inclusão de um alimento na dieta dos animais é importante observar se este irá afetar as características que os consumidores mais desejam na hora da compra, dentre elas é importante relacionar a maciez. Inconsistência na maciez da carne bovina é um dos

principais fatores que afetam a satisfação do consumidor, porém o mecanismo de amaciamento é afetado por um número de variáveis, dentre elas quantidade e solubilidade do colágeno, comprimento do sarcômero e degradação de proteínas miofibrilares^{53,54}.

A extensão da contração muscular quando o músculo entra em *rigor mortis* depende da taxa de declínio do pH e da temperatura naquele momento⁵⁵. A alimentação pode influenciar o metabolismo dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), que por sua vez influencia a deposição de glicogênio e a queda do pH⁵². Se a quantidade de glicogênio for insuficiente o pH fica alto e como consequência, pode levar à formação de carne bovina escura, firme e seca (DFD)⁵⁶.

De modo geral, as características das fibras musculares e o conteúdo de glicogênio muscular são importantes parâmetros fisiológicos que determinam a maciez da carne^{57,58}. No entanto, a maciez é uma característica muito complexa⁵⁵, influenciada pelo grau de contração dos sarcômeros, a integridade ou degradação da estrutura miofibrilar e o conteúdo e solubilidade do tecido conjuntivo^{54,57,59}. Para Koohmaraie⁶⁰, aproximadamente 15% da variabilidade da maciez da carne é explicada pelas diferenças de marmorizado e tecido conjuntivo e que o restante é devido as variações nas alterações *post mortem*.

Vários fatores, incluindo o plano nutricional, o crescimento compensatório e o crescimento modificado rápido, podem influenciar o número e as características das ligações cruzadas no colágeno e as propriedades relativas dos tipos de colágeno⁶¹.

Animais com ingestão de dietas com alta densidade energética, que permitam maiores ganhos, vão atingir a composição corporal adequada mais rapidamente, desde que o animal tenha capacidade de transformar a energia alimentar⁶². Como em animais mais velhos há aumento da estabilidade mecânica e térmica do tecido conjuntivo intramuscular⁶³, em animais precoces esta estabilidade seria menor.

Há muitos anos que tem sido estudada a composição da estrutura e propriedades dos tecidos conjuntivos moles associados ao tecido muscular, tanto em termos fisiológicos como na sua contribuição para as qualidades de textura do músculo *post mortem*. Como a rede de colágeno é considerada o fator dominante na resistência e rigidez dos tecidos⁶⁴, analisar a quantidade de colágeno é um fator importante para determinar a maciez da carne⁶⁵.

Há uma grande variação na morfologia, composição e quantidade de tecido conjuntivo intramuscular entre músculos, raças e a idade dos animais⁶³. Regimes diferentes de alimentação tem um impacto no crescimento dos animais e podem afetar as características do colágeno e os músculos individuais em termos de solubilidade⁶⁶. À medida que as

concentrações teciduais de colágeno aumentam e a solubilidade do colágeno diminui, a maciez pode diminuir⁶⁷.

Trabalhando com estratégias de terminação a pasto, ou a pasto com suplementação de milho com 4 e 8 Kg.dia⁻¹, Silva et al.⁶⁸, não encontraram diferenças na concentração de colágeno total, porém verificaram aumento significativo na solubilidade do colágeno de animais suplementados com 8 Kg milho.dia⁻¹, fato que pode estar relacionado ao aumento na taxa de crescimento como consequência da suplementação energética, o que pode ter afetado o turnover de proteína, permitindo uma menor interligação de colágeno.

Quanto a maciez, a influência da alimentação também está associada ao grau de acabamento e com o teor de gordura intramuscular na carcaça, cujo efeito seria em função da diminuição da densidade da carne, com a menor tensão entre as camadas de tecido conjuntivo⁶².

Dentre os fatores envolvidos na maciez da carne está a integridade ou degradação da estrutura miofibrilar⁵⁴, que podem ser afetadas pela proteólise enzimática endógena⁵⁵. Uma das análises realizadas para prever maciez consiste na avaliação da degradação que essas estruturas podem sofrer. A maior facilidade de quebra está relacionada a uma maior maciez da carne⁶⁹.

Numerosas alterações músculoesqueléticas ocorrem no período *post mortem*, que resultam na perda da integridade do tecido, que se traduz na melhoria da maciez da carne. Essa perda na integridade ocorre devido à proteólise das miofibrilas, por meio do sistema enzimático muscular compreendido pelas calpaínas, catepsinas e o complexo proteinase multicatalítico ou proteassoma⁷⁰.

Para maximizar a maciez é importante a ativação apropriada das enzimas proteolíticas endógenas responsáveis pela degradação das fibras musculares, dentre elas as calpaínas que são dependentes do cálcio para ativação⁷¹. Assim, as concentrações de cálcio no músculo pode influenciar a maciez⁶². Como os minerais são obtidos através da alimentação, manter os níveis de cálcio na dieta é importante para o processo de proteólise enzimática.

2.2.2. Cor

A qualidade dos alimentos não é apenas um conceito subjetivo e multidimensional, mas também um conceito muito dinâmico⁷². As propriedades sensoriais da carne contribuem significativamente para a percepção de qualidade. O fundamental para a

qualidade da carne bovina no varejo é a caracterização pelo consumidor de sua cor, como aceitável ou não, pois a descoloração da carne compromete a sua aparência^{73,74}.

A cor da carne é o fator que mais influencia na decisão de compra, pois os consumidores usam a coloração como um indicador de qualidade e integridade^{75,76}. Quando a cor da carne está diferente do vermelho brilhante para carne fresca e do vermelho púrpura para carne embalada a vácuo o consumidor associa a possível deterioração da mesma, o que faz com que perca o valor de mercado, podendo até mesmo ser destinada ao descarte⁷⁷.

A cor da carne depende da fisiologia animal, das características do músculo, mas também do manejo e nutrição, porém pode ser controlada no processamento, acondicionamento e distribuição⁷⁸.

Em carnes, a mioglobina é o principal pigmento responsável pela cor vermelha, embora possa ter a presença de hemoglobina e citocromo, contribuindo em menor grau. A mioglobina é uma molécula complexa composta por uma porção protéica (globina) e um grupo prostético heme. O anel heme tem um átomo de ferro localizado no centro que pode formar seis ligações. Assim, a quantidade de mioglobina, o ligante presente e a valência do ferro determinam a cor muscular^{75,79-81}.

No sarcoplasma, a mioglobina interage continuamente com outras moléculas solúveis em água. A exposição a pró-oxidantes pode desestabilizar a mioglobina, enquanto os antioxidantes podem melhorar a estabilidade da mesma, princípio que contribui para certos fenômenos de cor observados nas carnes⁸⁰. A conversão da oximioglobina em metamioglobina é responsável pela descoloração da carne⁷⁴.

O conteúdo de pigmentos da mioglobina é intrínseco ao músculo, porém as variações na cor da carne dependem de muitos fatores endógenos e exógenos, pré e pós abate, dentre eles a espécie animal, raça, sexo, dieta, atividade, tipo de músculo, componentes estruturais e celulares, além do pH, oxigênio, temperatura e armazenamento^{76,77,79,82}.

A cor da carne depende do teor de mioglobina e do estado de oxidação do pigmento e as condições de alimentação dos ruminantes podem modificar esses dois parâmetros⁸³. Trabalhando com terminação a pasto e dieta mista Gatellier et al.⁸³, verificaram níveis significativamente maiores de ferro heme em novilhas e vacas terminadas em dietas mistas, do que a pasto, porém não observaram efeito em novilhos. Observaram também que o efeito da dieta de acabamento na estabilidade da cor da carne depende do tipo de animal, em que novilhas com terminação em pastagem tiveram melhor estabilidade do que novilhas em dieta mista, e este fator pode estar associado a maior concentração de vitamina E em animais criados a pasto.

Insani et al.⁸⁴, estudaram o impacto de diferentes regimes de alimentação nos atributos de cor da carne fresca. Animais alimentados a pasto demonstraram maior teor de vermelho do que os bifes de animais terminados em confinamento, sendo atribuído este fato aos níveis mais altos de vitaminas antioxidantes (α -tocoferol e β -caroteno) em bifes de animais criados em pastagem do que terminados em confinamento.

Trabalhando com óleo de soja e óleo de fritura em substituição ao milho na alimentação de bovinos Red Norte, Rodrigues Filho et al.⁸⁵, observaram diferenças na intensidade de b^* , em que as amostras de animais que não receberam suplementação com fontes lipídicas apresentaram valores maiores de índice b^* , fato que pode estar relacionado à maior quantidade de pigmentos naturais (carotenos e xantofila) presentes na dieta devido a maior quantidade de milho.

Os pigmentos da carne podem sofrer oxidação. Um fator importante nas reações de oxidação são os radicais livres que podem ser formados pela ação direta de alguma fonte de energia externa (luz, calor, radiação) e são moléculas ou átomos que apresentam elétrons não pareados, sendo altamente energéticos e instáveis, e devido a essa instabilidade reage com substâncias próximas, principalmente AGI^{86,87}.

A matriz tecidual fica predisposta à oxidação tanto de lipídios quanto de outras substâncias como a mioglobina após a morte animal, pois os sistemas enzimáticos responsáveis pela redução de radicais livres na célula muscular viva entram em falência. Há assim a transformação do íon ferroso em férrico, resultando na alteração da cor da carne de vermelho brilhante para marrom acinzentado⁸⁸. Se a coloração não for agradável, o consumidor pode rejeitá-la⁷³.

2.2.3. Oxidação lipídica

O conteúdo e composição da gordura intramuscular contribuem para a determinação de sabor, bem como as alterações que ocorrem durante a maturação da carne⁵⁸.

Devido à alta concentração de ácidos graxos insaturados (AGI), pigmentos heme, catalisadores de metal e uma variedade de agentes oxidantes no tecido muscular, a carne é passível de deterioração oxidativa^{89,90}.

A oxidação lipídica é uma importante reação de deterioração que resulta frequentemente numa perda significativa da qualidade dos produtos cárneos⁹¹. Sua formação pode ocorrer por auto-oxidação, fotoxidação ou oxidação enzimática, sendo favorecida pela presença de oxigênio, ácidos graxos insaturados e pela exposição a luz, dentre outros^{92,93}.

A oxidação de lipídios é uma reação em cadeia radical que consiste em iniciação, propagação e terminação com a produção de radicais. A reação de iniciação produz o radical de ácidos graxos (alquila) que, por sua vez, reage com o oxigênio para formar radicais peróxidos, que reagem com ácidos graxos insaturados e formam hidroperóxidos^{89,94,95}, alterando a qualidade da carne.

Dentre os tipos de oxidação, a auto-oxidação é o processo mais comum de levar a deterioração. É usada para descrever a geração por perpetuação própria de radicais livres a partir de AGI na presença de oxigênio. É uma reação química de baixa energia de ativação, dinâmica e bastante complexa, que pode ocorrer na ausência de luz^{86,96,97}.

A oxidação lipídica em carne começa imediatamente após o abate e continua enquanto o músculo é convertido em carne, na maturação e mesmo durante o armazenamento. Vários fatores influenciam a taxa e a intensidade da oxidação lipídica em carne, entre eles, há alguns eventos pré-abate, como estresse e lesões físicas, e eventos pós-abate, como pH e temperatura de carcaça⁹⁵.

Em carnes, a oxidação inclui mudanças bioquímicas que causam alterações nos pigmentos da cor e nos lipídios⁹⁸. A extensão da oxidação lipídica nos músculos depende do equilíbrio dos componentes químicos presentes; principalmente dos ácidos graxos insaturados, dos oligoelementos quelantes (por exemplo o ferro) e/ou antioxidantes⁹⁹. Como consequência, a cor se deteriora e ocorre o desenvolvimento de rancidez e sabores indesejáveis, o que influencia negativamente o interesse e satisfação do consumidor^{91,100}.

A oxidação de ácidos graxos insaturados é um fenômeno complexo que ocorre na presença de oxigênio, enzimaticamente ou não, e é induzido ou catalisado por luz, calor, fotossensibilizadores, metais e espécies reativas de oxigênio e nitrogênio e pode ser afetada pelo grau de insaturações, além das condições de armazenamento. O desenvolvimento da oxidação lipídica pode ser acompanhado pelos produtos primários e secundários da oxidação de ácidos graxos, como o malonaldeído (MDA)^{92,95}.

A ação de antioxidantes tem a capacidade de prevenir a oxidação da carne¹⁰¹. Sistemas extensivos baseados em pastagens geralmente promovem maior deposição de antioxidantes naturais na carne magra quando comparados a dietas à base de concentrado¹⁰².

Trabalhando com inclusão de glicerina bruta na dieta de bovinos Carvalho et al.¹⁰³, encontraram diferenças na oxidação lipídica da carne, em que, animais que receberam maior inclusão de glicerina, apresentaram maiores valores de TBA, o que pode estar relacionado a maior quantidade de ácidos graxos insaturados encontrados nas amostras com maior inclusão de glicerina bruta na dieta.

Fruet et al.¹⁰², trabalharam com três sistemas de terminação baseados em concentrado a base de milho, pastagem de leguminosas e pastagem de leguminosas com 1,4% de suplementação com milho, e verificaram que animais alimentados somente com milho mostraram maior oxidação lipídica dos músculos durante a exibição no varejo.

2.2.4 Perfil mineral

Os minerais são transferidos através dos alimentos para animais e seres humanos, sendo a carne uma das principais fontes de elementos como ferro, fósforo, zinco e selênio. A concentração dos minerais no tecido animal depende da espécie, da concentração dietética do elemento, da absorção deste elemento e da concentração de outros minerais²⁴.

Driskell et al.¹⁰⁴, utilizaram dietas contendo 0 e 40% de grãos de destilaria úmidos com solúveis, com e sem suplementação de vitamina E na terminação de novilhos cruzados, e verificaram que houve aumento nas concentrações de sódio da carne dos animais que receberam inclusão de grãos de destilaria úmidos com solúveis.

Lozicki et al.¹⁰⁵, realizaram estudo com touros Hereford em fazendas orgânicas, alimentados principalmente com volumosos, incluindo pastagem no verão e em fazendas convencionais com alimentação a base de silagem de milho e concentrado. Verificaram que o músculo de animais alimentados com pastagens apresentou níveis mais elevados de Na, Zn e Fe.

Os oligoelementos desempenham um papel importante nas vias metabólicas que produzem hormônios, sintetizam vitaminas, formam colágeno, e executam uma ampla gama de outras funções relacionadas ao crescimento e desenvolvimento de animais saudáveis²⁵. Os minerais nem sempre são encontrados em quantidades desejáveis nos alimentos, sendo por isso necessária a suplementação¹⁰⁶.

2.2.5. Vitamina E

As forragens verdes e outros materiais folhosos, incluindo feno de boa qualidade, são fontes muito boas de vitamina E, entretanto, nas forragens esta concentração é afetada pelo estágio de maturação no momento do corte e o tempo de corte até a desidratação. A vitamina E é encontrada em cereais integrais, particularmente no gérmen e, portanto, em subprodutos que contêm o gérmen, porém existe uma grande variação no conteúdo vitamínico dos alimentos¹⁰⁷.

As diferenças nas concentrações de vitamina E geralmente acontecem quando os animais são submetidos a diferentes tipos de terminação, como a pasto e em confinamento, em que geralmente os resultados de vitamina E são maiores nos animais a pasto do que em confinamentos sem suplementação de vitamina E¹⁰⁸⁻¹¹⁰.

Nos estudos de Fruet et al.¹⁰², os níveis de α -tocoferol foram maiores nas amostras dos novilhos alimentados com dietas a pasto. Lozicki et al.¹⁰⁵, trabalharam com terminação a pasto e concentrado, também verificaram maiores concentrações de vitamina E em animais alimentados a pasto.

De La Fuente et al.¹⁰⁸, trabalharam com quatro sistemas de produção, sendo eles a criação intensiva com concentrado, criação a pasto e suplementado com concentrado, criação a pasto com silagem de milho e criação extensiva, abatidos com dois e três anos. Verificaram que a carne dos animais criados no sistema extensivo apresentou o maior conteúdo de vitamina E, ao passo que a carne dos animais do sistema intensivo apresentou a menor concentração, sendo significativamente diferente.

A inibição da oxidação lipídica por parte da vitamina E depende das concentrações em que esta se encontra no tecido¹¹¹, podendo impedir a oxidação dos ácidos graxos e aumentar a vida útil das cores¹¹². Trabalhando com altos níveis suplementação de vitamina E na dieta Dufrasne et al.¹¹³, verificaram redução na oxidação lipídica e tendência de manutenção da cor vermelha da carne.

2.2.6. Colesterol

Muitos fatores estão envolvidos nas concentrações de colesterol na carne, entre eles, sexo, raça, maturidade, nível de energia dietética e diferentes tratamentos de alimentação como dieta restrita ou *ad libitum*^{114,115}.

Silva et al.¹¹⁶, trabalharam com novilhas mestiças e quatro tipos de dietas para avaliar o efeito da raça e da dieta na qualidade da carne. As dietas eram compostas por milho e levedura; milho, farelo de algodão e farinha de carne e ossos; casca de mandioca e levedura; casca de mandioca, farelo de algodão e farinha de carne e ossos. Os autores verificaram que os animais alimentados com a formulação composta por casca de mandioca, farelo de algodão e farinha de carne e ossos apresentaram alto teor de colesterol, sendo significativamente diferente.

As principais fontes de colesterol na dieta humana são a carne de animais domésticos, embora os frutos do mar também sejam ricos em colesterol. O interesse no teor

de colesterol nos alimentos tem sido impulsionado pela consciência da associação entre o colesterol na dieta e a doença humana¹¹⁷.

Dentre os fatores de risco sugeridos para o aumento das doenças cardiovasculares estão alguns hábitos relacionados ao etilo de vida, como dieta rica em energia, gorduras saturadas, colesterol e sal, bem como consumo de bebida alcoólica, tabagismo e sedentarismo^{118,119}. As diretrizes dietéticas atuais fazem recomendações semelhantes baseadas em alimentos ou em padrões alimentares e ainda incluem recomendações para limitar os nutrientes que são consumidos em excesso e que são associados ao desenvolvimento de doenças crônicas¹²⁰.

2.2.7. Perfil de ácidos graxos

Com a preocupação em relação à qualidade nutricional, as gorduras comestíveis de ruminantes não parecem particularmente saudáveis devido ao seu alto conteúdo de ácidos graxos saturados (AGS), baixo conteúdo de ácidos graxos poli-insaturados ômega 3 (AGP n-3) e um conteúdo variável de ácidos graxos *trans*¹²¹, que é uma classe de ácidos graxos que contêm uma ou mais ligações duplas na configuração *trans*¹²².

Os ácidos graxos são classificados em saturados, sem duplas ligações e ácidos graxos insaturados que são divididos em ácidos graxos monoinsaturados (AGM), com uma dupla ligação e ácidos graxos poli-insaturados (AGP) com duas ou mais ligações duplas situadas ao longo do comprimento da cadeia de carbono. Dependendo da localização da primeira dupla ligação em relação ao terminal metil, eles podem ser classificados AGP ômega 6 (n-6) ou ômega 3 (n-3)^{123,124}, dependendo da isomeria geométrica podem ser *cis* e *trans*.

A diminuição de AGS e o aumento de ácidos graxos benéficos para a saúde têm sido constantemente alvo de pesquisa em carnes de ruminantes¹²⁵, de modo a combinar recomendações nutricionais mais atualizadas para uma dieta saudável¹²⁶. Para isso, estratégias como a manipulação das dietas e criação dos animais tem sido estudadas¹²⁷. Porém o ideal seria alcançar o enriquecimento em Ácido Linoléico Conjugado (CLA) e em AGP n-3 simultaneamente, sem efeitos sobre o desempenho produtivo dos animais e as características sensoriais da carne¹²¹.

O ácido graxo representante da família ômega 6 é o ácido linoléico e o ácido graxo da família ômega 3 é o ácido linolênico, que podem ser metabolizados em ácidos graxos de cadeia longa (Figura 1), através de uma série de dessaturações e passos de alongamento¹²³.

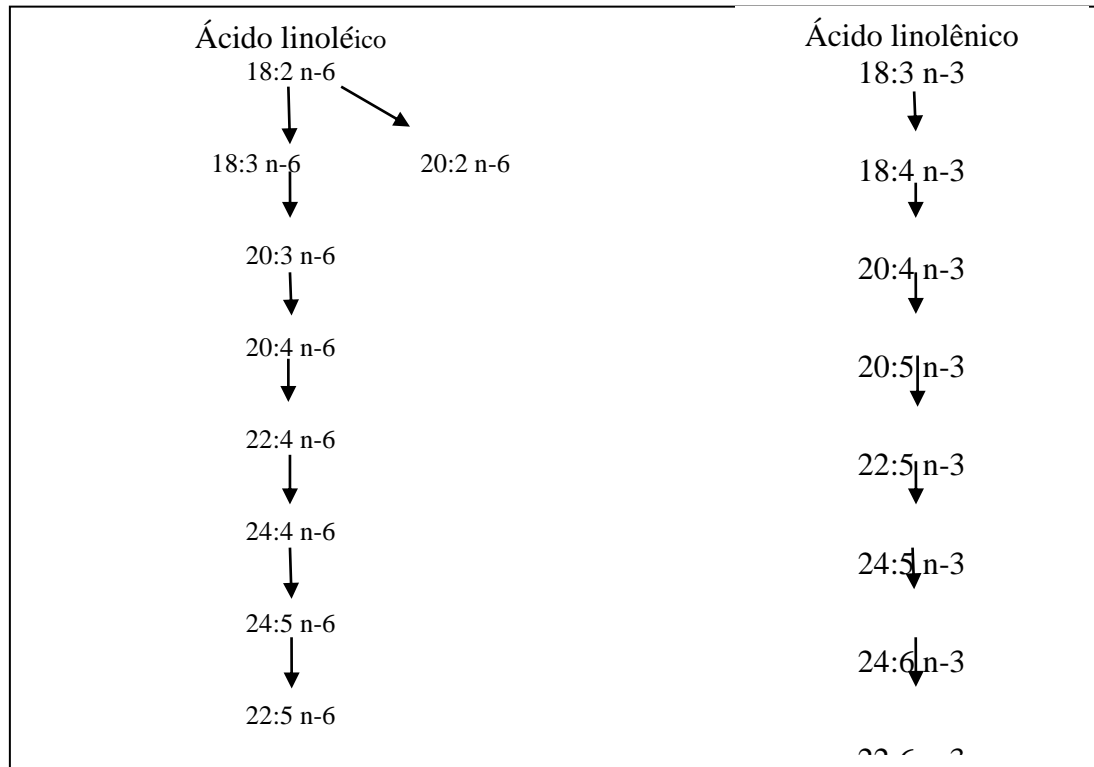


FIGURA 1- Caminhos para biossíntese de ácidos graxos de cadeia longa.

Fonte: Adaptado de Park et al.¹²⁸

Em humanos, como nas espécies de animais monogástricos, os ácidos graxos são absorvidos no intestino delgado sem grandes alterações no estômago. Como consequência, a composição dos ácidos graxos de carne suína e de aves está próxima da composição dos ácidos graxos alimentares. Ao contrário, em espécies poligástricas, os ácidos graxos são extensivamente metabolizadas no rúmen antes de sua absorção no intestino delgado, de modo que a composição de ácidos graxos do leite e carne de ruminantes difere completamente da dieta, apresentando proporções bem maiores de AGS do que os ingeridos na alimentação^{129,130}.

Devido ao tipo de alimentação, os ruminantes ingerem principalmente ácidos graxos na forma de triglicerídeos e galactolipídios, que após hidrólise pelas enzimas lipolíticas ficam suscetíveis a ação das bactérias ruminais. A lipólise resulta na liberação de ácidos graxos livres e glicerol a partir de ésteres para permitir a biohidrogenação, que é a redução do número de ligações duplas na cadeia de carbono dos ácidos graxos. Uma vez que a biohidrogenação subsequente só pode acontecer se a porção carboxila estiver livre, a lipólise é um passo necessário na biohidrogenação¹³¹⁻¹³³.

O ambiente ruminal é caracterizado por 10^{10} bactérias, 10^7 protozoários, 10^6 fungos e leveduras por mL de fração líquida, uma temperatura de 38-39 °C, um intervalo

normal de pH entre 6,0 e 6,7, e um potencial redox de $-150-350$ mV. Qualquer desvio das condições ruminais pode influenciar a população microbiana e seus produtos de fermentação. Enquanto a ração está dentro do rúmen, uma pequena quantidade de ácidos graxos dietéticos é absorvida e catabolizada para ácido graxo volátil. No entanto, os micro-organismos são capazes de sintetizar quantidades notáveis de ácidos graxos pela síntese *de novo* a partir de carboidratos e de hidrogenar ácidos graxos insaturados. Assim os ácidos graxos que atingem o duodeno para serem absorvidos são de origem alimentar, bem como o resultado da atividade microbiana¹³³.

Uma das formas de se verificar o efeito da biohidrogenação na modificação do perfil de ácidos graxos consumidos pode ser o aumento do fluxo de AGS no duodeno e de ácidos graxos derivados da biohidrogenação como C18: 1 *trans* 6, C18: 1 *cis* 6, C18: 1 *trans* 9, C18: 1 *trans* 11 e C18: 1 *cis* 9*trans* 11³⁰.

A maioria dos micro-organismos ruminais são sensíveis aos AGP e por isso inserem moléculas de hidrogênio nas insaturações, através da biohidrogenação¹³⁴, porém nem todas as ligações insaturadas são reduzidas, permitindo que alguns intermediários da biohidrogenação escapem do rúmen para serem absorvidos no intestino e incorporados aos tecidos do corpo¹³⁵.

A biohidrogenação é um conjunto de processos bioquímicos pelos quais ácidos graxos insaturados, principalmente ácido oleico (C18: 1*c*9), linoléico (C18: 2 n-6) e linolênico (C18: 3 n-3), são isomerizados, hidrogenados e finalmente convertidos em ácido esteárico (C18: 0) pela microbiota ruminal. As vias da biohidrogenação produzem quantidades variáveis de ácidos graxos com ligações duplas conjugadas, isômeros *cis* e *trans* que aparecem na carne e no leite de ruminantes¹³⁶, como pode ser observado na Figura 2.

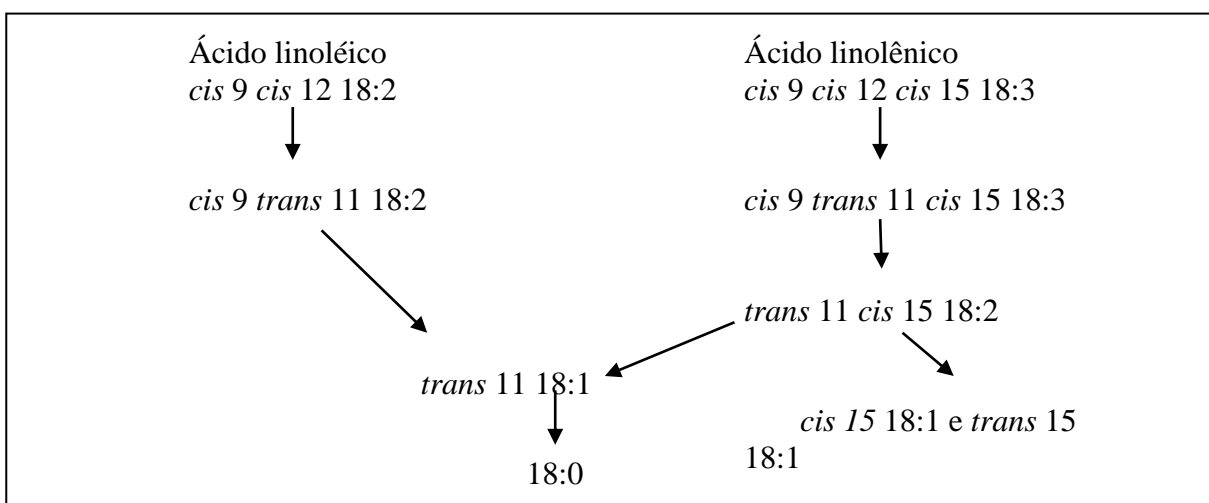


FIGURA 2 - Vias da biohidrogenação dos ácidos linoléico e linolênico.

Fonte: Adaptado de Harfoot e Hazlewood¹³¹.

Vários fatores influenciam a concentração de ácidos graxos em produtos alimentícios de ruminantes, como a quantidade e a composição dos lipídios da dieta que tem um efeito importante devido aos ácidos graxos que escapam ao metabolismo ruminal, além da biohidrogenação que é afetada indiretamente quando outras atividades ruminais são alteradas, porque o metabolismo dos ácidos graxos está indissolúvelmente ligado a outras áreas do metabolismo ruminal, através de uma dependência comum do metabolismo de H₂ e / ou das espécies microbianas que estão envolvidas em múltiplos processos¹³⁷.

A saturação de gorduras é uma consequência direta da redução de ácidos graxos insaturados por micro-organismos ruminais na biohidrogenação. Assim, a melhoria do perfil de ácidos graxos dos produtos de ruminantes pode ser alcançada por modificação através das mudanças na dieta animal, resultando em maior desvio dos ácidos graxos dietéticos do rúmen, ou pode ser uma consequência da atividade metabólica microbiana alterada¹³⁷.

Trabalhando com grãos de destilaria úmidos com solúveis nas concentrações de zero, 15 e 30% na dieta de novilhos, Mello et al.¹³⁸, observaram maiores concentrações de AGP na carne de animais alimentados com 30% de substituição, comparando aos outros tratamentos.

Mezgebo et al.¹³⁹, trabalharam com misturas de dietas a base de concentrado, silagem de capim e pastagem e verificaram que a carne dos animais que receberam pastagem tiveram menores concentrações dos ácidos colesterolêmicos mirístico e palmítico e menores concentrações de AGM, quando comparados a carne dos animais que receberam concentrado, porém semelhantes a carne dos animais que receberam silagem. A concentração de AGS total foi maior para animais alimentados com concentrado. A relação n-6/n-3 foi menor nos animais alimentados com pastagem.

Nos estudos de Fruet et al.¹⁴⁰, com pastagem, pastagem com suplementação com milho e a base de milho, foram verificadas maiores concentrações de AGP n-3 e menor relação n-6/n-3 na carne dos animais alimentados a pasto, com e sem suplementação.

Horcada et al.¹⁴¹, trabalharam com uma dieta composta por mistura concentrada e palha de trigo oferecida separadamente e uma ração mista total, composta pela mesma mistura de concentrado, parcialmente substituída por silagem de milho e palha de trigo. Verificaram que o teor do total de AGS, ácido linoléico e ácido eicosapentaenóico (EPA), foram maiores na carne de novilhos alimentados com o sistema de ração mista total.

À medida que se desenvolveu a compreensão do papel dos ácidos graxos específicos no desenvolvimento de doenças, passou-se a pesquisar a manipulação da composição dos ácidos graxos da carne e do leite. Por conter altas quantidade de AGS, a

carne representa um fator de risco para as doenças cardiovasculares. Embora seja geralmente aceito que a composição e quantidade da gordura dietética possa afetar as concentrações de lipoproteínas plasmáticas, o impacto da gordura na dieta sobre a real morbidade e mortalidade nas doenças cardiovasculares continua a ser um tópico em debate¹⁴².

Apesar de alguns dados epidemiológicos revelarem uma possível associação entre o consumo de carne e o aumento do risco de várias formas de câncer, de doenças cardiovasculares e metabólicas, é aceito que a quantidade e o padrão de ingestão de ácidos graxos modulam o metabolismo, a fisiologia, a resposta imune e que sua ingestão tem papel importante na evolução da espécie humana, especialmente no cérebro e desenvolvimento intelectual, e que mudanças na ingestão de ácidos graxos podem modificar o risco de várias doenças crônicas^{121,143}.

Hooper et al.¹⁴⁴, sugerem que há uma redução pequena, porém potencialmente importante do risco cardiovascular na redução da ingestão de gordura saturada e que substituir a gordura saturada por gordura insaturada, seja a estratégia mais vantajosa. Smith et al.¹⁴⁵, verificaram reduções no colesterol total e no colesterol LDL (lipoproteína de baixa densidade) de estudantes, quando substituídas as gorduras saturadas por monoinsaturadas na dieta.

Acredita-se que o aumento do teor de ácidos graxos insaturados na dieta humana resulte em benefícios para a saúde^{146,147}. Apesar da grande quantidade de AGS, a carne também fornece AGP ômega 3 que tem efeitos clínicos benéficos no sistema cardiovascular, em distúrbios do sistema imunológico, função cognitiva e estado psicológico¹⁴⁸, além de conter CLA que apresenta atividade anticarcinogênica¹⁴⁹. Portanto, há vantagens em aumentar os níveis de CLA, bem como outros AGP na carne através de modificações nas dietas dos animais¹⁵⁰. Entretanto, elevar as concentrações de ácidos graxos insaturados na carne pode levar a problemas relacionados ao prazo de validade e características sensoriais, como cor e sabor¹⁴⁷.

O fato de reduzir o consumo de carne de ruminantes no intuito de reduzir a ingestão de AGS e ácidos graxos *trans*, ignora o valor desse alimento como uma fonte versátil de proteínas, vitaminas, minerais e lipídios bioativos de alta qualidade. A alteração da composição de ácidos graxos dos produtos de ruminantes, por meio da dieta, representa um meio de reduzir a ingestão de AGS e de aumentar os AGM *cis* e AGP na dieta humana sem exigir mudanças nos hábitos alimentares dos consumidores, ao mesmo tempo em que mantém os benefícios potenciais associados aos macro e micronutrientes da carne¹³⁰.

A composição de ácidos graxos também está envolvida na qualidade da carne, afetando as propriedades sensoriais, como sabor e cor, além da estabilidade lipídica e vida útil¹⁵¹.

3. OBJETIVO

3.1. Objetivo geral

Avaliar a influência da glicerina bruta em substituição ao grão de milho e farelo de mesocarpo de babaçu na qualidade da carne de bovinos.

3.2 Objetivos específicos

Verificar a influência da inclusão de glicerina bruta na dieta de bovinos em substituição ao milho e farelo de mesocarpo de babaçu sobre:

- A composição centesimal;
- O perfil mineral;
- A quantidade e solubilidade do colágeno
- O índice de fragmentação miofibrilar
- A biohidrogenação e a composição de ácidos graxos na carne bovina;

Avaliação da influência dos ácidos graxos presentes e do teor de vitamina E na oxidação lipídica da carne;

Relação dos dados de coloração com o teor de vitamina E e de oxidação da carne;

4. REFERÊNCIAS

1. San Vito E, Lage JF, Messana JD, Dallantonia EE, Frighetto RTS, Reis RA, Neto AJ, Berchielli TT. Performance and methane emissions of grazing Nellore bulls supplemented with crude glycerin. *J Anim Sci.* 2016;11(1):4728-37.
2. van Cleef EHCB, D'Âurea AP, FaÂvaro VR, van Cleef FOS, Barducci RS, Almeida MTC, Machado Neto OR, Ezequiel JMB. Effects of dietary inclusion of high concentrations of crude glycerin on meat quality and fatty acid profile of feedlot fed Nellore bulls. *PLoS One.* 2017;12(6): e0179830.
3. Taylor JRN. Millet, Pearl. 2016; Reference Module in Food Science. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.00011-1>
4. Rodrigues PB, Rostagno HC, Allino LFT, Gomes PC, Barboza WA, Nunes RV. Aminoácidos Digestíveis Verdadeiros do Milheto, do Milho e Subprodutos do Milho, Determinados com Galos Adultos Cecectomizados. *Rev Bras Zootec.* 2001;30(6S):2046-58.
5. Dias-Martins AM, Pessanha KLF, Pacheco S, Rodrigues JA, Carvalho CWP. Potential use of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) in Brazil: Food security, processing, health benefits and nutritional products. *Food Res Int.* 2018;109:175-86.
6. Alencar WM, Restle J, Missio RL, Neiva JNM, Miotto FRC, Freitas IB. Feeding behavior and productive performance of steers fed pearl millet grain-based diets containing proportions of babassu mesocarp bran. *R Bras Zootec.* 2015;44(12):425-33.
7. Hales KE, Bondurant RG, Luebke MK, Coles NA, MacDonald JC. Effects of crude glycerin in steam-flaked corn-based diets fed to growing feedlot cattle. *J Anim Sci.* 2013;91:3875–80. doi:10.2527/jas2012-5944
8. Carneiro MIF, Sakomura NK, Kawauchi IM, Silva EP, Araujo JA, Fernandes JB K, Gomes Filho JS. avaliação do mesocarpo de babaçu (*Orbignya ssp*) na alimentação de frangos de corte. *ARS Veterinaria.* 2013;29(3):175-82.
9. Ítavo LCV, Ítavo CCBF, Petit HV, Dias AM, Santos MC, Souza ADV, Goularte SR, Leal ES, Mello JAT. Kinetics of thermal decomposition processes and kinetics of degradation in rumen liquor of glycerin derived from biodiesel production. *Ind Crops Prod.* 2017;104:1-6.
10. Tan HW, AbdulAziz AR, Aroua MK. Glycerol production and its applications as a raw material: A review. *Renew Sust Energ Rev.* 2013;27:118-27.
11. Dasari MA, Kiatsimkul PP, Sutterlin WR, Suppes GJ. Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol. *Appl Catal A-Gen.* 2005;281:225-31.
12. Souza SP, Seabra JEA, Joaquim EA, Nogueira LAH. Feedstocks for biodiesel production: Brazilian and global perspectives. *Biofuels.* 2018;9(4):455-78

13. Peiter GC, Alves HJ, Sequinel R, Bautitz IR. Alternativas para o uso do glicerol produzido a partir do biodiesel. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*. 2016;5(4):519-37.
14. Leoneti AB, Aragão-Leoneti, Oliveira SVWB. Glycerol as a by-product of biodiesel production in Brazil: Alternatives for the use of unrefined glycerol. *Renew Energy*. 2012;45:138-45.
15. Favaro VR, Ezequiel JMB, Almeida MTC, D'Aurea AP, Paschoaloto JR, van Cleef EHCB, Carvalho VB, Junqueira. Carcass traits and meat quality of Nellore cattle fed different non-fiber carbohydrates sources associated with crude glycerin. *Animal*. 2016;10(8):1402-08.
16. Ladeira MM, Carvalho JRR, Chizzotti PDT, Dias JCO, Gionbelli TRS, Rodrigues AC, Oliveira DM. Effect of increasing levels of glycerin on growth rate, carcass traits and liver gluconeogenesis in young bulls. *Anim Feed Sci Technol*. 2016;219: 241-8.
17. DiLorenzo N, Galyean ML. Applying technology with newer feed ingredients in feedlot diets: Do the old paradigms apply? *J Anim Sci*. 2010; 88(E. Suppl.):123–32. doi:10.2527/jas.2009-2362
18. Barros ACB, Restle J, Missio RL, Miotto FRC, Augusto WF, Maciel RP, Elejalde DAG, Neiva JNM. Physical composition of carcass, commercial cuts and meat characteristics of crossbred Holstein-Zebu young bulls fed crude glycerin levels in the diets. *Semina: Cienc Agrar*. 2016;37(5):3349-60.
19. Ellies-Oury MP, Cantalapiedra-Hijar G, Durand D, Gruffat D, Listrat A, Micol D, Ortigues-Marty I, Hocquette JF, Chavent M, Saracco J, Picard B. An innovative approach combining Animal Performances, nutritional value and sensory quality of meat. *Meat Sci*. 2016;122:163-72.
20. Berry DP, Conroy S, Pabiou T, Cromie AR. Animal breeding strategies can improve meat quality attributes within entire populations. *Meat Sci*. 2017;132:6-18.
21. Listrat A, Lebret B, Louveau I, Astruc T, Bonnet M, Lefaucher L, Picard B, Bugeon J. How Muscle Structure and Composition Influence Meat and Flesh Quality. *The Scientific World Journal*. 2016;ID 3182746:1-14.
22. Scollan N, Hocquette JF, Nuernberg K, Dannenberger D, Richardson I, Moloney A. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Sci*. 2006;74(1):17-33.
23. Baltic MZ, Boskovic M. When man met meat: meat in human nutrition from ancient times till today. *Procedia Food Sci*. 2015;5:6-9.
24. Ortega-Barrales P, Fernandez de Córdoba ML. Meat. In: de la Guardia M, Garrigues S, editors, *Handbook of Mineral Elements in Food*. New Jersey: John Wiley & Sons, Ltd; 2015. p 599-619.
25. Schmidt TB, Olson KC. The Effects of Nutritional Management on Carcass Merit of Beef Cattle and on Sensory Properties of Beef. *Vet Clin Food Anim*. 2007;23:151-63.

26. Rodrigues GH, Susin I, Pires AV, Alencar SM, Mendes CQ, Gentil RS. Perfil de ácidos graxos e composição química do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros alimentados com dietas contendo polpa cítrica. R Bras Zootec. 2010;39(6): 1346-52.
27. van Cleef EHCB, Ezequiel JMB, D'Aurea AP, Fávoro VR, Sancanari JBD. Crude glycerin in diets for feedlot Nellore cattle. R Bras Zootec. 2014;43(2):86-91.
28. McGrath JM, Duval SM, Tamassi LFM, Kindermann M, Stemmler RT, Gouvea VN, Acedo TS, Immig I, Williams, Celi P. Nutritional strategies in ruminants: A lifetime approach. Res Vet Sci. 2018;116:28-39.
29. Reinhard C, Faris B. Nutrition of Meat Animals - Ruminants. In: Devine C, Dikeman M. Encyclopedia of Meat Sciences. 2014;2:471-9.
30. Granja-Salcedo YT, Souza VC, Dias AVL, Gomes-Insuasti AS, Messana JD, Berchielli TT. Diet containing glycerine and soybean oil can reduce ruminal biohydrogenation in Nellore . Anim Feed Sci Technol. 2017;225:195-204.
31. Facuri LMAM, Silva RR, Silva FF, Carvalho GGP, Sampaio CB, Mendes FBLM, Lisboa MM, Barroso DS, Carvalho VM, Pereira MMS. Ingestive Behavior of Heifers Supplemented with Glycerin in Substitution of Corn on *Brachiaria brizantha* Pasture. Asian Australas J Anim Sci. 2014; 27:1584-92.
32. Oliveira RL, Leão AG, Abreu LL, Teixeira S, Silva TM. Alimentos Alternativos na Dieta de Ruminantes. Rev Cient Prod Anim. 2013;15(2):141-60.
33. Assis AJ, Campos JMS, Valadares Filho SC, Queiroz AC, Lana RP, Euclides RF, Neto JM, Magalhães LR, Mendonça SS. Polpa Cítrica em Dietas de Vacas em Lactação. 1. Consumo de Nutrientes, Produção e Composição do Leite. R Bras Zootec. 2004;33(1):242-50.
34. Olivo PM, Geraldo Santos GT, Luís Carlos Vinhas Ítavo LCV, Silva Junior RC, Leal ES, Prado RM. Assessing the nutritional value of agroindustrial co-products and feed through chemical composition, *in vitro* digestibility, and gas production technique. Acta Scien Anim Sci. 2017;39(3):289-95.
35. Geron LJ, Zeoula LM, Erkel JA, Prado IN, Jonker RC, Guimarães KC. Coeficiente de digestibilidade e características ruminais de bovinos alimentados com rações contendo resíduo de cervejaria fermentado. R Bras Zootec. 2008;37(9):1685-95.
36. Gomes VS, Mano SB, Freitas MQ, Santos MD, Conte Júnior CA, Silva JM, Santos EB. Meat characteristics of cattle fed diets containing whole cottonseed. Arq Bras Med Vet Zootec. 2016;68(4):1069-76.
37. Lima VF, Araújo LF, Aguiar EM, Coelho RRP. Processos biotecnológicos aplicados ao bagaço de laranja para redução dos custos na alimentação animal. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial. 2017;11(2):2466-83.
38. Araújo LF, Aguiar EM, Coelho RRP, Luciano RC, Filho RB, Navarro LAO. Enriquecimento nutricional da casca da mandioca (*Manihot esculenta*, crantz) por

processo biotecnológico destinado à alimentação animal. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*. 2017;13(1):18-30.

39. Abdalla Filho AL, Corrêa PS, Lemos LN, Dineshkumar D, Issakowicz J, Ieda EH, Lima PMT, Barrea M, McManus C, Mui TS, Abdalla AL, Louvandini H. Diets based on plants from Brazilian Caatinga altering ruminal parameters, microbial community and meat fatty acids of Santa Inês lambs. *Small Rumin Res*. 2017;154:70-7.
40. Augusto WF, Ribeiro CM, Restle J, Missio RL, Neiva JNM, Miotto FRC, Lopes HPS. Proportions of sugarcane and babassu mesocarp bran in diets for feedlot cattle. *R Bras Zootec*. 2017;46(8):657-63.
41. Khattab MSA. Glycerol as Feedstuff for Ruminant. *Sci Intl*. 2015;3(3):90-94. DOI: 10.17311/
42. Oliveira RL, Leão AG, Ribeiro OL, Borja MS, Pinheiro AA, Oliveira RL, Santana MCA. Biodiesel industry by-products used for ruminant feed. *Rev Colomb Cienc Pecu*. 2012;25:625-38.
43. AbuGhazaleh AA, Abo EL Nor S. Ibrahim. The effect of replacing corn with glycerol on ruminal bacteria in continuous culture fermenters. *J Anim Physiol Anim Nutr*. 2011;95:313-9.
44. Lee YJ, Lee SM, Cho YB, Kam DK, Lee SC, Kim CH, Seo S. Glycerol as a feed supplement for ruminants: In vitro fermentation characteristics and methane production. *Anim Feed Sci Technol*. 2011;166-167:269-74.
45. Wang C, Lui Q, Yang WZ, Huo WJ, Gong KH, Huan YX, Yang XM, He DC. Effects of glycerol on lactation performance, energy balance and metabolites in early lactation Holstein dairy cows. *Anim Feed Sci. Tech*. 2009;151:12-20.
46. Omazic AW, Kronqvist C, Zhongyan L, Martens H, Hoktenius K. The fate of glycerol entering the rumen of dairy cows and sheep. *J Anim Physiol Anim Nutr*. 2015;99:258-64.
47. Krehbiel C R. Ruminal and physiological metabolism of glycerin. In A. S. o. A.Science (Ed.), Annual Meeting of the Society of Animal Science. *J. Animal Sci*, 2008;86:392.
48. Benedeti PDB, Silva LG, Paula EM, Shenkoru T, Marcondes MI, Monteiro HF, Amorati B, Yeh Y, Poulson SR, Faciola AP. Effects of Partial Replacement of Corn with Glycerin on Ruminal Fermentation in a Dual-Flow Continuous Culture System. *PLoS One*. 2015;10(11):e0143201. doi:10.1371/journal.pone.0143201
49. Edwards HD, Anderson RC, Miller RK. Taylor TM, Hardin MD, Smith SB, Krueger NA, Nisbet DJ. Glycerol inhibition of ruminal lipolysis in vitro. *J Dairy Sci*. 2012;95:5176-81.
50. San Vito E, Lage JF, Ribeiro AF, Silva, Berchielli TT. Fatty acid profile, carcass and quality traits of meat from Nellore young bulls on pasture supplemented with crude glycerin. *Meat Sci*. 2015;100:17-23.

51. Castagnino PS, MessanaFD, Fiorentini G, Jesus, RB, San Vito E, Carvalho IPC, Berchielli TT. Glycerol combined with oils did not limit biohydrogenation of unsaturated fatty acids but reduced methane production in vitro. *Anim Feed Sci Technol.* 2015;201:14-24.
52. Priolo A, Micol D, Agabriel J. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Anim. Res.*2001; 50: 185–200.
53. Koohmaraie M. Muscle Proteinases and Meat Aging. *Meat Sci.* 1994;36:93-104.
54. Koohmaraie M, Kent MP, Shackelford SD, Veiseth E, Wheeler TL. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? *Meat Sci.* 2002; 62:345-352.
55. Bolumar T, Claus J. Utilizing Shockwaves for Meat Tenderization. Reference Module in Food Science. 2017. doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21323-1
56. Newton KG, Gill CO. The microbiology of fresh meats : a review. *Meat Sci.* 1981;5:223-32.
57. Jeremiah LE, DUGan MER, Aalhus JL, Gibson LL. Assessment of the relationship between chemical components and palatability of major beef muscles and muscle groups. *Meat Sci.* 2003;65:1013-9.
58. Hocquette JF, Botreau R, Picard B, Jacquet A, Pethic DW, Scollan ND Opportunities for predicting and manipulating beef quality. *Meat Sci.* 2012;92: 197-209.
59. Sentandreu MA, Coulis G, Ouali A. Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends Food Sci Technol.* 2002;13:400-21.
60. Koohmaraie M. Role of the neutral proteinases in post-mortem muscle protein degradation and meat tenderness. *Proceedings of the Reciprocal Meat Conference.* 1992;45:63-74.
61. McCormick RJ. The Flexibility of the Collagen Compartment of Muscle. *Meat Sci.* 1994;36:79-91.
62. Alves DD, Tonissi RH, Goes B, Mancio AB. Maciez da carne bovina. *Cienc Anim Bras.* 2005;6(3):135-49.
63. Purslow PP. Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Sci.* 2005;70(3):435-47.
64. Purslow PP. New Developments on the Role of Intramuscular Connective Tissue in Meat Toughness. *Annu Rev Food Sci Technol.* 2014.5:133-53.
65. Lepetit J. Collagen contribution to meat toughness: Theoretical aspects. *Meat Sci.* 2008; 80: 960–7.

66. Archile-Contreras AC, Mandell IB, Purslow PP. Disparity of dietary effects on collagen characteristics and toughness between two beef muscles. *Meat Sci.* 2010;86:491-7.
67. Owens FN, Gardner BA. Effects of nutrition on meat quality In: *Reciprocal Meat Conference Proceedings.* 1990;52:25-36.
68. Silva CCG, Rego OA, Simões ERE, Rosa HJD. Consumption of high energy maize diets is associated with increased soluble collagen in muscle of Holstein bulls. *Meat Sci.* 2010;86:753-57.
69. Ramos EM, Gomide LAM. Avaliação na qualidade de carnes: fundamentos e metodologias. Viçosa: UFV; 2007. p. 413-53.
70. Bowker BC, Eastridge JS, Paroczay EW, Callahan JA, Solomon MB. Aging/Tenderization Mechanisms. In Toldrá F, editor. *Handbook of meat processing* Iowa: Blackwell Publishing, 2010. p.87-104.
71. Bhat ZF, Mortona JD, Masona SL, Bekhit AEDA. Role of calpain system in meat tenderness: A review. *Food Science and Human Wellness.* 2018;7:196-204.
72. Bernue A, Olaizola A, Corcoran K. Extrinsic attributes of red meat as indicators of quality in Europe: an application for market segmentation. *Food Qual Prefer.* 2003;14:265-76.
73. Holman BWB, Mao Y, Coombs CEO, van de Ven RJ, Hopkins DL. Relationship between colorimetric (instrumental) evaluation and consumer-defined beef colour acceptability. *Meat Sci.* 2016;121:104-6.
74. Faustman C, Sun Q, Mancini R, Suman SS. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Sci.* 2010; 86:86-94.
75. Mancini RA, Hunt MC. Current research in meat color. *Meat Sci.* 2005;71:100-21.
76. Cornforth, D. Colour - Its basis and importance. In A.M. Pearson, & T. R. Dutson (Eds.), *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products: Advances in meat research.* (9) London: Blackie Academic & Professional; 1994. p.34-78.
77. Suman SP, Hunt MC, Nair MN, Rentfrow G. Improving beef color stability: Practical strategies and underlying mechanisms. *Meat Sci.* 2014;98:490-504.
78. Hocquette JF, Renand G, Levéziel H, Picard B, Cassar-Malek I. Genetic effects on beef meat quality. (2005). Wood (ed.), *The Science Beef Quality*, 8th Annual Langford Food Industry Conference, Proc Brit Soc Anim Sci. 2005 p.13-19.
79. Bekhit AEDA Morton JD, Bhat ZF, Zequan X. Meat Colour: Chemistry and Measurement Systems. *Encyclopedia of Food Chemistry*, 2019;2:211-7. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22419-0>

80. Suman S, Joseph P. Myoglobin Chemistry and Meat Color. *Annu Rev Food Sci Technol.* 2013;4:79-99.
81. Macdougall, D. B. Colour meat. In A.M. Pearson, & T. R. Dutson (Eds.), *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products: Advances in meat research.* (9) London: Blackie Academic & Professional; 1994. p79-93.
82. Abril M, Campo MM, Onence A, Sañudo C, Albertí P, Negueruela AI. Beef colour evolution as a function of ultimate pH. *Meat Sci.* 2001;58:69-78.
83. Gatellier O, Mercier Y, Juin H, Renerre M. Effect of finishing mode (pasture- or mixed-diet) on lipid composition, colour stability and lipid oxidation in meat from Charolais cattle. *Meat Sci.* 2005;69:175-86.
84. Insani EM, Eyherabide A, Grigioni G, Sancho AM, Pensel NA, Descalzo AM. Oxidative stability and its relationship with natural antioxidants during refrigerated retail display of beef produced in Argentina. *Meat Sci.* 2008;79:444-52.
85. Rodrigues Filho M, Péres JRO, Ramos EM, Rodrigues NEB, Lopes LS. Características da carne de tourinhos Red Norte suplementados com óleos de fritura e soja terminados em confinamento. *Rev Bras Saúde Prod Anim.* 2014;15(1):62-73.
86. McClements DJ, Decker EA. Lipídeos In: Damodaran S, Parkin KL, Fennema OR, editores. *Química de alimentos de Fennema.* Tradução: Adriano Brandelli. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2010. p.131-78.
87. Araújo JMA. *Química de Alimentos: teoria e prática.* 4ª ed. Viçosa: Ed. UFV; 2008. 416p.
88. Lage ME. Suplementação nutricional de novilhos Nelore com α -tocoferol (vitamina E) e seus efeitos na qualidade da carne. [Tese]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Faculdade Engenharia de Alimentos; 2004
89. Falowo AB, Fayemi PO, Muchenge vV. Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Res Int.* 2014;64:171-81.
90. Alamed J, Chaiyiyasit W, McClements DJ. Relationships between Free Radical Scavenging and Antioxidant Activity in Foods. *J Agric Food Chem.* 2009;57: 2969-76.
91. Gray JI, Goma EA, Buckley DJ. Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Sci.* 1996;43(1):111-23. Doi:10.1016/0309-1740(96)00059-9
92. D'Arce M.A.B.R. Deterioração de lipídeos – Ranço. In: Oetterer M, Arce MABR, Spoto MHF. *Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos,* Tamboré: Manole, 2006. p.243-95.
93. Laguerre M, Lecomte J, Villeneuve P. Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges. *Prog Lipid Res.* 2007;46: 244-82.

94. St Angelo .Lipid Oxidacion in foods. Crit Rev Food Sci Nutr. 1996;36(3):175-224.
95. Mariutti LRB, Bragagnolo N. Influence of salt on lipid oxidation in meat and seafood products:A review. Food Res Int. 2017;94:90-100.
96. Benedet JA, Shibamoto T. Role of transition metals, Fe(II), Cr(II), Pb(II), and Cd(II) in lipid peroxidation. Food Chem. 2008;107:165-8.
97. Silva FAM, Borges MFM, Ferreira MA. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. Quím Nova. 1999;22(1):94-103.
98. Bekhit AEDA, Hopkins DL, Fahri FT, Ponnampalam EN. Oxidative Processes in Muscle Systems and Fresh Meat: Sources, Markers, and Remedies. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2013;12:565-97.
99. Ponnampalam EN, Plozza T, Kerr MG, Linden N, Mitchell M, Kekhit AEDA, Jacob JL,Hopkins DL. Interaction of diet and long ageing period on lipid oxidation and colour stability of lamb meat. Meat Sci. 2017;129:43-9.
100. Descalzo AM, Sancho AM. A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. Meat Sci. 2008;79:423-36.
101. Huang B, He J, Ban X, Zeng H, Yao X, Wang Y. Antioxidant activity of bovine and porcine meat treated with extracts from edible lotus (*Nelumbo nucifera*) rhizome knot and leaf. Meat Sci. 2011;87:46-53.
102. Fruet APB, Mello A, Trombetta F, Stefanello FS, Speronia CS, Vargas DP, Souza ANM, Rosado Júnior AG, Tonetto CJ, Nornberg JL. Oxidative stability of beef from steers finished exclusively with concentrate, supplemented, or on legume-grass pasture. Meat Sci. 2018;145:121-6.
103. Carvalho JRR, Chizzotti ML, Ramos EM, Machado Neto OR, Lanna DPD, Lopes LS. Qualitative characteristics of meat from young bulls fed different levels of crude glycerin. Meat Sci. 2014;96:977-83.
104. Driskell JA, Kim YN, Giraud DW, Hamouz FL, Mello Jr AS, Ercxon GE, Calkins CR. Vitamin and mineral content of value cuts from beef steers fed distiller's grains. J Food Compost Anal. 2011;24:362-7.
105. Lozicki A, Dymnick M, Arkuszewskal E, Pustkowiak H. Effect of pasture or maize silage feeding on the nutritional value of beef. Ann Anim Sci. 2012;12(1):81-93.
106. Peixoto PV, Malafaia P, Barbosa JD, Tokarnia CH. Princípios de suplementação mineral em ruminantes. Pesq Vet Bras. 2005; 25(3):195-200.
107. McDowell LR, Williams SN, Hidiroglou N, Njeru CA, Hill GM, Ochoa L, Wiljinson NS. Vitamin E supplementation for the ruminant. Anim Feed Sci Technol. 1996;60:273-96.

108. De la Fuente J, Díaz MT, Álvarez I, Oliver MA, Font i Fournols M, Sañudo C, Campo MM. Fatty acid and vitamin E composition of intramuscular fat in cattle reared in different production systems. *Meat Sci.* 2009;82:331-7.
109. Descalzo AM, Sancho AM. A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. *Meat Sci.* 2008;79:423-36.
110. Yang A, Brewster MJ, Lanari MC, Tume RK. Effect of vitamin E supplementation on a-tocopherol and b-carotene concentrations in tissues from pasture- and grain-fed cattle. *Meat Sci.* 2002;60:35-40.
111. Liu Q, Lanari MC, Schaefer DM. A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. *J Anim Sci.* 1995;73:3131-40.
112. Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.* 2008; 78:343-58.
113. Dufresne I, Marche C, Clinquart A, Hornick JL, Van Eenaeme C, Istasse L. Effects of dietary vitamin E supplementation on performance and meat characteristics in fattening bulls from the Belgian Blue breed. *Livest Prod Sci.* 2000;65:197-201.
114. Chizzolini R, Zanardi E, Dorigoni V, Ghidini S. Calorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products. *Trends Food Sci Technol.* 1999;10:119-28.
115. Bragagnolo N, Rodriguez-Amaya DB. Determinação de colesterol em carne: comparação de um método colorimétrico e um método por cromatografia líquida de alta eficiência. *Rev Inst Adolfo Lutz.* 2001;60(1):53-7.
116. Silva RG, Prado IN, Matsushita M, Souza NE. Dietary effects on muscle fatty acid composition of finished heifers. *Pesqui Agropecu Bras* 2002;37(1):95-101.
117. Dinh TTN, Thompson LD, Galyean ML, Brooks JC, Patterson KY, Boylan M. Cholesterol content and methods for cholesterol determination in meat and poultry. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2011;11: 269-89.
118. Lima FEL, Menezes TN, Tavares MP, Szarfarc SC, Fisberg RM. Ácidos graxos e doenças cardiovasculares: uma revisão. *Rev Nutr.* 2000;13(2):73-80.
119. World Health Organization. Cardiovascular disease. [acesso 5 fev 2019]. Disponível em: https://www.who.int/cardiovascular_diseases/en
120. Bowen KJ, Sullivan VK, Kris-Etherton PM, Petersen KS. Nutrition and Cardiovascular Disease-an Update. *Current Atherosclerosis Reports.* 2018; 20:8.
121. Bessa RJB, Alves SP, Santos-Silva J. Constraints and potentials for the nutritional modulation of the fatty acid composition of ruminant meat. *Eur J Lipid Sci Technol.* 2015;117:1325-44.

122. Wang Y, Jacome-Sosa M, Proctor AD. The role of ruminant trans fat as a potential nutraceutical in the prevention of cardiovascular disease. *Food Res Int.* 2012;46:460-8.
123. Anderson BM, Ma DWL. Are all n-3 polyunsaturated fatty acids created equal? *Lipids Health Dis.* 2009;8:33.
124. Santé-Lhoutellier V. Meat and Human Diet:Facts and Myths. *Encyclopedia of Meat Sciences*, 2014; 2 doi:10.1016/B978-0-12-384731-7.00178-1
125. Jerónimo E, Alves SP, Prates JAM, Santos-Silva J, Bessa RJB. Effect of dietary replacement of sunflower oil with linseed oil on intramuscular fatty acids of lamb meat. *Meat Sci.* 2009;83:499-505.
126. Kallas Z, Realini AE, Gil JM. Health information impact on the relative importance of beef attributes including its enrichment with polyunsaturated fatty acids (omega-3 and conjugated linoleic acid). *Meat Sci.* 2014;97:497-503.
127. Chiaia HL, Peripoli E, Silva RMO, Aboujaoude C, Feitos FLB, Lemos MV, Berton MP, Olivieri BF, Espigolan R, Tonussi RL, Gordo DGM, Bresolin T, Magalhães AFB, Fernandes Júnior GA, Albuquerque LG, Oliveira HN, Furlan JM, Ferrinho AM, Mueller LF, Tonhati H, Pereira ASC, Baldi F. Genomic prediction for beef fatty acid profile in Nellore cattle. *Meat Sci.* 2017;128:60-7.
128. Park WJ, Kothapalli KSD, Lawrence P, Tyburczy C, Brenna T. An alternate pathway to long-chain polyunsaturates:the FADS2 gene product D8-desaturates 20:2n-6 and 20:3n-3. *J Lipid Res.* 2009;50:1195-202.
129. Doreau M, Arturo-Scchaan M, Laverroux. Garlic oil reduces ruminal fatty acid biohydrogenation in vitro. *Eur J Lipid Sci Technol.* 2017;119:1-9.1500388
130. Shingfield KJ, Bonnet M, Scollan ND. Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. *Animal.* 2013;7(1):132–62.
131. Harfoot CG, Hazlewood GP. Lipid metabolism in rumen. In Hobson PN, Stewart CS, editors. *The rumen microbial ecosystem.* Londres: Chapman & Hall;1997.p.382-426.
132. Doreau M, Bauchart D, Chilliard Y. Enhancing fatty acid composition of milk and meat through animal feeding. *Anim Prod Sci.* 2011;51:19-29.
133. Buccioni A, Decandib M, Minier S, Molle G, Cabiddu A. Lipid metabolism in the rumen: New insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. *Anim Feed Sci Technol.* 2012;174:1-25.
134. Jenkins TC, Wallace RJ, Moate PJ, Mosley E.E.; Board-invited Review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *J Anim Sci.* 2008;86:397-412.
135. Petri RM, Vahmani P, Yang HE, Dugan MER, McAllister TA. Changes in Rumen Microbial Profiles and Subcutaneous Fat Composition When Feeding Extruded

- Flaxseed Mixed With or Before Hay. *Front Microbiol.* 2018;9:1055. doi: 10.3389/fmicb.2018.01055
136. Santos-Silva J, Francisco A, Alves SP, Portugal P, Dentinho T, Almeida J, Soldado D, Jerónimo E, Bessa RJB. Effect of dietary neutral detergent fibre source on lambs growth, meat quality and biohydrogenation intermediates. *Meat Sci.* 2019;147:28-36.
 137. Lourenço M, Ramos-Morales E, Wallace RJ. The role of microbes in rumen lipolysis and biohydrogenation and their manipulation. *Animal.* 2010;4(7):1008-23.
 138. Mello AS, Jenschke BE, Senaratne LS, Carr TP, Erickson GE, Calkins CR. Effects of finishing diets containing wet distillers grains plus solubles on beef quality attributes and fatty acid profile. *Meat Sci.* 2018;136:16–22.
 139. Mezgebo GB, Monahan FJ, McGee M, O’Riordan EG, Richardson IR, Brunton NP, Moloney AP. Fatty acid, volatile and sensory characteristics of beef as affected by grass silage or pasture in the bovine diet. *Food Chem.* 2017; 235: 86-97.
 140. Fruet APB, Trombetta F, Stefanello FS, Speroni CS, Donadel JZ, Souza ANM, Rosado Júnior A, Tonetto CJ, Wagner R, Mello A, Nornberg JL. Effects of feeding legume-grass pasture and different concentrate levels on fatty acid profile, volatile compounds, and off-flavor of the *M. longissimus thoracis*. *Meat Sci.* 2018;140:112-8.
 141. Horcada A, Polvillo O, Juárez M, Avilés C, Martínez AL, Peña F. Influence of feeding system (concentrate and total mixed ration) on fatty acid profiles of beef from three lean cattle breeds. *J Food Compost Anal.* 2016;49:110-6.
 142. Salter AM. Dietary fatty acids and cardiovascular disease. *Animal.* 2013;7(1): 163-71.
 143. Pereira PMCC, Vicente AFRB. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Sci.* 2013;93:586-92.
 144. Hooper L, Martin N, Davey Smith G. Reduction in saturated fat intake for cardiovascular disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;10(6):CD011737.
 145. Smith RD, Kelly CNM, Fielding BA, Hauton D, Silva KDRR, Nydahl MC, Miller GJ, Williams CM. Long-term monounsaturated fatty acid diets reduce platelet aggregation in healthy young subjects. *Br J Nutr.* 2003; 90:597-606.
 146. Edwards HD, Shelver WL, Choi S, Nisbet DJ, Krueger NA, Anderson RC, Smith SB. Immunogenic inhibition of prominent ruminal bacteria as a means to reduce lipolysis and biohydrogenation activity in vitro. *Food Chem.* 2017; 218:372–7.
 147. Ladeira MM, Carvalho RR, Chizzotti ML, Teixeira PD, Dias JCO, Gionbelli TRS, Rodrigues AC, Oliveira DM. Effect of increasing levels of glycerin on growth rate, carcass traits and liver gluconeogenesis in young bulls. *Anim Feed Sci Technol.* 2016;219:241-8.
 148. Pelliccia F, Marazzi G, Greco C, Franconi F, Speziale G, Claudio C. Current evidence and future perspectives on n–3 PUFAs. *Int J Cardiol.* 2013;170:3-7.

149. Gebauer SK, Chardigny JM, Jakobsen MU, Lamarche B, Lock AL, Proctor SD, Baer DJ. Effects of Ruminant trans Fatty Acids on Cardiovascular Disease and Cancer: A Comprehensive Review of Epidemiological, Clinical, and Mechanistic Studies. *Adv Nutr.* 2011;2:332-54.
150. Glasser F, Schmidely P, Sauvant D, Doreau M. Digestion of fatty acids in ruminants: a meta-analysis of flows and variation factors: 2. C18 fatty acids. *Animal.* 2008;2(5):691-704.
151. Wood JD, Richardson RI, Nute GR, Fisher AV, Campo MM, Kasapidou E, Sheard PR, Enser M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Sci.* 2003;66:21-32.

CAPÍTULO 2 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA CARNE DE TOURINHOS ALIMENTADOS COM NÍVEIS DE GLICERINA BRUTA NA DIETA

RESUMO

Objetivou-se verificar a composição centesimal, índice de fragmentação miofibrilar (IFM), determinação de colágeno total e solúvel, análise de cor, vitamina E, colesterol, oxidação lipídica, através da análise com ácido tiobarbitúrico (TBA) e perfil mineral, de amostras de *Longissimus dorsi* obtidas de bovinos mestiços não castrados, com idade média de 30 meses, submetidos a uma alimentação com níveis crescentes de glicerina zero, 60, 120 e 240 g.Kg⁻¹ em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu na matéria seca da fração concentrada da dieta. Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições, os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão linear através do programa R. Os resultados de lipídios, proteína, umidade e cinzas, colágeno total e solúvel e colesterol não apresentaram diferença com a inclusão de glicerina bruta na dieta. Os resultados de vitamina E (P<0,015), TBA (P<0,025), cor a* (P<0,021) e Chroma (P<0,015) apresentaram relação linear positiva com a inclusão de glicerina bruta. Foram quantificados cálcio, ferro, magnésio, potássio, sódio e zinco, sendo a maior concentração de K, que apresentou relação linear negativa (P<0,025). A utilização da glicerina bruta nas concentrações estudadas é viável pois não afetou a maioria dos parâmetros analisados e favoreceu as concentrações de vitamina E.

Palavras-chave: colesterol, cor, oxidação, vitamina E

CHAPTER 2 - BEEF PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF YOUNG BULLS FED CRUDE GLYCERIN LEVELS IN THE DIET

ABSTRACT

The objective of this work was to verify the centesimal composition, myofibrillar fragmentation index, determination of total and soluble collagen, color, vitamin E, cholesterol, lipid oxidation (TBA) and mineral profile of *Longissimus dorsi* samples obtained of non-castrated crossbred cattle, with an average age of 30 months, fed with increasing levels of crude glycerin 0, 60, 120 and 240 g.Kg⁻¹, replacing the association of millet grain plus babassu mesocarp bran in dry matter of fraction of the diet. A completely randomized experimental design was used with four treatments and six replicates, the data obtained were submitted to linear regression analysis through program R. The results of lipids, protein, moisture and ash, total and soluble collagen, myofibrillar fragmentation index and cholesterol did not show significant difference with the inclusion of crude glycerin in the diet. The results of vitamin E (P<0.015), TBA (P<0.025), color a * (P<0.021) and Chroma (P<0.015) showed a positive linear relationship with the inclusion of crude glycerin. Calcium, iron, magnesium, potassium, sodium and zinc were quantified, with the highest concentration of K, which presented a negative linear relation (P< 0.025). The use of crude glycerin in the studied concentrations is viable, as it did not affect most of the analyzed parameters and favored vitamin E concentrations.

Keywords: cholesterol, color, oxidation, vitamin E

1. INTRODUÇÃO

A carne de ruminantes, particularmente a proveniente de bovinos, representa um alimento fundamental em todo o mundo, de extrema importância para os seres humanos, devido ao notável conteúdo de substâncias com alto valor nutricional¹. A carne possui aminoácidos essenciais de alta digestibilidade e é fonte de micronutrientes essenciais como ferro, zinco e vitaminas A, D, E e do complexo B².

As qualidades intrínsecas da carne como cor, maciez, suculência, sabor, e suas propriedades nutricionais como composição de ácidos graxos, dependem em grande parte das propriedades e composição do músculo de origem, que variam com a genética, dietas e manejo, e dos processos *post mortem* que estão envolvidos na conversão do músculo em carne³.

Dentre as qualidades almejadas pelos consumidores a maciez da carne está entre as mais desejadas, sendo a característica que influencia fortemente na intenção de compra ou escolha dos cortes^{4,5}.

A maciez pode ser avaliada por análise sensorial, por métodos instrumentais como na análise de força de cisalhamento, e também pelos componentes envolvidos nas características de maciez, como o colágeno e a estrutura miofibrilar através do índice de fragmentação.

A cor da carne é característica de qualidade mais importante, porque é o primeiro fator visto pelo consumidor e é usado como uma indicação de frescor e integridade. Após o abate animal, a cor da carne é uma combinação da composição do músculo de origem, do processo de transformação do músculo em carne e das condições de armazenamento. O conteúdo de Mioglobina no músculo é afetado por fatores como exercícios e dieta do animal, bem como fatores genéticos e ambientais^{6,7}.

Uma vez que a dieta é um fator pré-abate importante que influencia na cor da carne, têm se realizado a manipulação da alimentação na tentativa de melhorar a estabilidade da mesma⁸.

Vários fatores nutricionais podem afetar a deposição de gordura intramuscular em bovinos, incluindo metabolismo da gordura, digestão e absorção de gordura, disponibilidade de glicose / amido, relação volumoso versus concentrado, níveis de energia e proteína da dieta, vitaminas A, D e C e sistemas de alimentação específicos em diferentes estágios⁹.

Como a gordura intramuscular é um dos fatores que influenciam o sabor e textura da carne¹⁰, a composição lipídica da carne é um atributo importante, porém, os lipídios podem

sofrer oxidação, e a sua intensidade pode interferir na qualidade da carne apresentando odores e sabores desagradáveis.

Desde o seu desenvolvimento o biodiesel é apontado como uma oportunidade de aumentar a segurança energética. No Brasil, vem crescendo a produção de biodiesel por meio do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, que é favorecida pela diversidade de matérias-primas existentes¹¹. Porém com o aumento da produção há um excedente de glicerina bruta produzida¹². Estima-se que cada litro de biodiesel produzido gere cerca de 100 mL de glicerina bruta¹³.

Com o aumento da oferta de glicerina bruta outros seguimentos, além das indústrias farmacêuticas, começaram a investigar suas utilidades, dentre elas o uso na alimentação animal como alimento energético alternativo para ruminantes^{14,15}.

Assim, objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de glicerina bruta na alimentação de bovinos, em substituição ao uso de milho e farelo de babaçu, na composição centesimal, colágeno, índice de fragmentação miofibrilar, cor, oxidação lipídica, vitamina E e colesterol da carne.

2-MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção das amostras

As amostras deste estudo vieram de um experimento realizado na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins na cidade de Araguaína, o projeto foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade Federal do Tocantins com número CUA-UFT, processo no 23101003929/2012-8.

As amostras foram provenientes de 24 bovinos mestiços (Holandês e Zebu) não castrados, com idade média de 30 meses, submetidos a uma alimentação com níveis crescentes de glicerina bruta 0, 60, 120, 240 g.Kg⁻¹ em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu na matéria seca da fração concentrada da dieta, conforme Tabela 2.1. Foram confinados na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins na cidade de Araguaína, no ano de 2013, por 96 dias, com adaptação de 14 dias às instalações, manejo e alimentação.

A glicerina bruta (GENPA[®]-80 – Glicerina bruta energético nutricional para alimentação) utilizada na elaboração das dietas foi oriunda do óleo de soja e apresentava 899,8 g.Kg⁻¹ de matéria seca, 11,9 g.Kg⁻¹ de extrato etéreo, 78,6 g.Kg⁻¹ matéria mineral, 803,5

g.Kg⁻¹ de glicerol, 74,7 g.Kg⁻¹ de cloreto de sódio, menos que 0,1 g.Kg⁻¹ de metanol e densidade de 1,27 g/cm³, sendo fornecida pela empresa GRANOL[®] S.A.

TABELA 2.1 - Ingredientes e composição química das dietas experimentais

Ingredientes, g.Kg ⁻¹ de MS	Inclusão de glicerina bruta (g.Kg ⁻¹)			
	0	60	120	240
Silagem de capim elefante	202,5	202,6	202,8	203,1
Milheto	343,9	313,8	283,7	223,2
Farelo do mesocarpo do babaçu	336,7	307,3	277,8	218,6
Glicerina bruta	0	59,1	118,4	237,6
Farelo de soja	87,8	87,8	87,9	88
Mistura Mineral*	11	11,8	9,8	9,8
Calcário	9,7	10	10,2	6,5
NaCl	2,9	-	-	-
Ureia	4,6	6,4	8,1	11,5
Sulfato de amônia	0,5	0,6	0,8	1,1
Rumensin	0,3	0,3	0,3	0,3
Virginiamicina	0,2	0,2	0,2	0,2
	Composição Bromatológica, g.Kg ⁻¹			
Matéria seca, g.Kg ⁻¹ MN	760,8	764,6	765	765,8
Proteína bruta	104,6	105,9	106,6	108,0
Fibra em detergente neutro	386,8	367,8	348,7	310,4
Fibra em detergente ácido	220,2	211,3	202,4	184,4
Hemicelulose	166,6	156,5	146,4	126
Lignina	66,2	66,1	57,9	49,5
Celulose	186,3	179,8	173,3	160,1
NIDN g.Kg ⁻¹	0,6	0,5	0,5	0,4
NIDA g.Kg ⁻¹	0,2	0,2	0,2	0,2
Extrato etéreo	21,8	20,3	18,8	15,8
Matéria mineral	46,8	44,5	42,3	37,7
Carboidratos - fibrosos	425,5	393,2	360,8	295,9
Carboidratos totais	812,2	761	709,6	606,3

MS: matéria seca, NIDN: nitrogênio insolúvel em detergente neutro, NIDA: nitrogênio insolúvel em detergente ácido.
*Composição: P - 40 g; Ca - 146 g; Na - 56 g; S - 40 g; Mg - 20 g; Cu - 350 mg; Zn 1300 mg; Mn - 900mg; Iron - 1050 mg; Co - 10mg; I - 24 mg; Se - 10 mg; F (max.) 400 mg; excipiente q.s. - 1000 mg;

Fonte: Barros et al.¹⁶

Após o período experimental, os animais foram abatidos em frigorífico comercial com Serviço de Inspeção Federal (SIF) na mesma cidade. As carcaças passaram por resfriamento em câmara fria (0 a 2^oC) durante 24 horas. Foram retiradas dois bifes com 2,5cm de espessura do músculo *Longissimus dorsi* de cada animal, que foram embaladas em lâmina de filme de polietileno e papel pardo e imediatamente congeladas a -18^oC. Após o congelamento as amostras foram enviadas, via aérea, em caixas isotérmicas, ao laboratório de físico-química do Centro de Pesquisa em Alimentos (CPA), localizado na Escola de

Veterinária e Zootecnia (EVZ), da Universidade Federal de Goiás (UFG), armazenadas em freezer a -20°C e mantidas neste freezer até a execução das análises em 2014 e 2015. Para realização das análises as amostras foram descongeladas em temperatura de refrigeração (5°C), em refrigerador comercial.

2.2. Análises físico-químicas

2.2.1. Composição centesimal

As análises de composição centesimal foram realizadas, em duplicata. A determinação de umidade, cinzas e proteínas foram realizadas segundo metodologia da AOAC¹⁷. A análise de lipídios foi feita utilizando metodologia proposta por Bligh-Dyer¹⁸.

2.2.2. Perfil mineral

A partir da obtenção de cinzas brancas obtidas com a análise do resíduo mineral fixo foram determinados os minerais cálcio, ferro, magnésio, potássio, sódio e zinco por espectrofotometria de absorção atômica, seguindo metodologias propostas pela AOAC¹⁷.

A concentração atômica foi determinada pela medida da absorção de radiação em comprimentos de onda específicos para cada mineral utilizando-se espectrofotômetro com chama, modelo GBC 932AA (fabricado por GBC Scientific Equipment Pty Ltda), calibrado previamente e equipado com lâmpada de cátodo oco para cada elemento, como fonte de radiação. Para a construção das curvas de calibração foram utilizadas soluções-padrão estoque Titrisol de 1000mg/L da marca MERCK, dos seguintes elementos Ca, Fe, Mg, K, Na e Zn para absorção atômica, com certificado de análise e incerteza associada. As análises foram realizadas em duplicata.

2.2.3. Análise de cor

O músculo *Longissimus dorsi* foi submetido a análise de cor pelo sistema CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) $L^*a^*b^*$, onde L^* corresponde a teor de luminosidade; a^* ao teor de vermelho e b^* ao teor de amarelo, utilizando o equipamento BC-10 Baking Meter, da marca Konica Minolta (Japão), com ângulo de iluminação de 8° difusa, diâmetro de medição de 8 mm e lâmpada de tungstênio a gás. As amostras foram expostas ao ar por 30 minutos e depois tiveram as leituras realizadas. As medições foram feitas em quatro pontos diferentes de cada amostra para obtenção da média.

Os índices Chroma* e Hue- Angle* foram determinados de acordo com MacDougall¹⁹, usando o valores de a* e b* de acordo com as seguintes fórmulas $Chroma^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5}$, e $Hue - Angle = \arctg b^*/a^*$.

2.2.4 Índice de fragmentação miofibrilar

A técnica para estimar o índice de fragmentação miofibrilar (IFM) foi realizada de acordo com a metodologia de Culler et al.²⁰, com o preparo da solução tampão IFM de acordo com Hopkins et al.²¹.

Para a extração das miofibrilas foram retirados e pesados das amostras cárneas, previamente descongeladas a 5°C por 24 horas e finamente picadas com o auxílio de tesoura, quatro gramas de tecido muscular, em triplicata. As alíquotas pesadas em tubos falcon de 50mL foram homogeneizadas em 40mL de solução tampão IFM; o homogeneizado foi centrifugado a 1000xg a 2°C durante 15 minutos. O sobrenadante foi retirado e o sedimento foi ressuspensão novamente com 40mL de solução tampão IFM repetindo-se a operação de centrifugação e descarte do sobrenadante. O sedimento foi ressuspensão com 10mL do tampão IFM sendo passado por peneira de polietileno (malha 18) para remoção de tecido conjuntivo. Foi utilizado um adicional de 10mL de tampão a fim de facilitar a passagem das miofibrilas através da peneira. A concentração de proteínas da suspensão de miofibrilas foi determinada pelo método do biureto de Gornall et al.²², sendo realizado o ensaio protéico das amostras a fim de se obter os valores das absorbâncias das soluções por meio de leitura em espectrofotômetro a 540nm (A 540nm). Com o valor das absorbâncias determinou-se a concentração de proteína em cada suspensão de amostra, por meio da equação da curva da solução padrão de albumina sérica bovina.

A partir da concentração de proteína encontrada, realizou-se diluições da solução de miofibrilas em tampão IFM de forma a se obter em uma solução final de 8mL, 0,5mg de proteína.mL⁻¹. A concentração de proteína foi determinada mais uma vez pelo método do biureto de Gornall et al.²². Para algumas amostras foi necessário calcular o ajuste da concentração de proteína através do método do quadrado de Pearson.

O IFM foi obtido então pela seguinte equação:

$$IFM = 200 \times A_{540nm}$$

onde: 200 é um valor constante e A 540nm é o valor de absorbância das amostras obtido no espectrofotômetro, a um comprimento de onda de 540nm.

2.2.5- Determinação de colágeno total e solúvel

Para a quantificação de colágeno na amostra seguiu-se metodologia descrita por Hill²³, com poucas modificações.

Após descongelamento e obtenção de uma massa homogênea pela trituração da amostra cárnea, foram pesados, em triplicatas, cerca de quatro gramas em tubos de centrífuga de 50mL, adicionando ao conteúdo 12mL de uma solução de extração (solução de Ringer com $\frac{1}{4}$ de força iônica) e misturando com o auxílio de uma espátula. Os tubos foram colocados em banho-maria a 77°C por 70 minutos em constante agitação. Após este processo, os tubos foram resfriados em água fria e centrifugados em centrífuga refrigerada MEGAFUGE 16R, a 3.000g (4°C) por 10 minutos. Decorrido este processo, o sobrenadante gerado foi transferido para tubos de autoclave com tampa de teflon. O resíduo foi ressuspendido com 8mL da solução de extração e novamente centrifugado a 3.000g (4°C / 10 minutos). O novo sobrenadante foi transferido para o tubo contendo o primeiro sobrenadante e o resíduo foi repassado, quantitativamente, lavando cuidadosamente o tubo de centrífuga com 5mL da solução de extração por pelo menos duas vezes, para outro tubo de autoclave.

Foram adicionados ao tubo do resíduo 10mL de uma solução HCl (6M) e 20mL ao tubo contendo o sobrenadante. Tanto os tubos de sobrenadante quanto os de resíduo foram devidamente fechados e submetidos à hidrólise em estufa a 105°C por cerca de 16 horas.

As amostras foram então removidas da estufa e esfriadas a temperatura ambiente. Após filtragem do hidrolisado e titulação com solução de hidróxido de sódio (2M), o neutralizado foi filtrado para balão volumétrico cujo volume permitisse uma diluição da amostra de forma a conter entre 1 e 5µg/mL de hidroxiprolina em solução. Após alguns testes foi possível estabelecer a diluição correta. O sobrenadante foi diluído com água destilada em balão de 200mL e o resíduo em balão de 500mL. Entretanto, mesmo com esta diluição, o resíduo apresentou alta concentração, sendo necessária nova diluição, para isso, uma alíquota de 30mL do filtrado diluído foi retirada do balão de 500mL e repassada para balão de 100mL tendo seu volume completado com água destilada.

A quantidade de colágeno em cada fração foi determinada então pelo método de quantificação da hidroxiprolina nas soluções a partir da obtenção de uma curva padrão, seguindo procedimento de Neuman e Logan²⁴, modificado por Bergman e Loxley²⁵.

Assim, a quantidade de colágeno solúvel foi, portanto aquela obtida a partir da quantificação da hidroxiprolina apenas no sobrenadante, enquanto que a quantidade de colágeno total correspondeu à somatória entre sobrenadante e resíduo. O teor de colágeno em

porcentagem foi calculado a partir dos níveis de hidroxiprolina através de fatores de conversão, em que de acordo com Cross et al.²⁶, utiliza-se o fator de 7,25 apenas para a fração insolúvel (resíduo) e o fator de 7,52 para a fração solúvel (sobrenadante).

2.2.6- Determinação de vitamina E e colesterol

A análise de vitamina E foi conduzida juntamente com a análise de colesterol, conforme descrita por Prates et al.²⁷.

a. Saponificação e extração

Foram pesados 0,75 g de amostra homogeneizada juntamente com 0,2 g de ácido ascórbico em tubos rosqueáveis. Ao tubo foi adicionado solução saponificante, composta de 11% de hidróxido de potássio, 55% v/v de etanol e 45% v/v de água destilada e em seguida tampados e agitados em vortex. Após a mistura, foi inserido nitrogênio gasoso ao “head space” do tubo, seguido do aquecimento em banho-maria a 80°C, por 15 minutos com agitação, para saponificação. Passados este tempo, os tubos foram esfriados durante 1 minuto e em seguida receberam 1,5 mL de água destilada e 3 mL de hexano com BHT (0,25 µg.mL). Para homogeneizar os reagentes adicionados com o conteúdo saponificado, os tubos foram novamente agitados em vortex, durante 2 minutos e posteriormente centrifugados a 1500G, durante 5 minutos. Por fim, a alíquota superior, que contém o hexano, foi coletada e filtrada por meio de filtro Millipore (Millex, hidrofílico, 0,45x13) em vial com septo para HPLC.

b. Análise em cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE)

Para a análise dos extratos utilizou-se o Cromatógrafo líquido Shimadzu, Prominence, com detector UV-Variável. Vinte microlitros de extrato foram injetados utilizando coluna de sílica 5 µm, 150x4,6 mm (d.i.), Microsorb-MV (Rainnin Instrument Company). A fase móvel foi composta de hexano-isopropanol (99:1) em um sistema isocrático de eluição, a uma vazão de 1,0 mL min⁻¹. O comprimento de onda utilizado foi de 295 nm para o alfa-tocoferol que foi eluído em torno de 1,3 min. A corrida típica durou em torno de 10 min. A identificação foi feita por comparação do tempo de retenção do padrão analisado, alfa-tocoferol (Sigma T 3251, + 95%) na mesma condição analítica e também por co-cromatografia. A quantificação foi feita por padronização externa, sendo a curva de calibração construída utilizando-se cinco níveis de concentração, onde cada ponto foi representado pela média de duas determinações. Os níveis de concentração para o a-tocoferol

foram de 0,2 a 9,5 $\mu\text{g.mL}^{-1}$. O comprimento de onda utilizado foi de 202 nm para o colesterol, que foi eluído em torno de 2 min. A corrida típica durou em torno de 10 min. A identificação foi feita por comparação do tempo de retenção do padrão analisado, colesterol (5-cholesten-3 β -ol Sigma C-8667, + 99 %) na mesma condição analítica e também por co-cromatografia. A quantificação foi feita por padronização externa, sendo a curva de calibração construída utilizando-se cinco níveis de concentração, onde cada ponto foi representado pela média de duas determinações. Os níveis de concentração para o colesterol variaram de 0,05 a 1 mg.mL^{-1} .

2.2.7- Oxidação lipídica

Para análise de oxidação lipídica utilizou-se o teste de TBA (análise de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico), que quantifica o malonaldeído (MDA), um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poli-insaturados, formado durante o processo oxidativo²⁸. A análise foi realizada segundo metodologia descrita por Tarladgis et al.²⁹. A absorbância foi medida a 538nm em espectrofotômetro UV/VIS Lambda 25, PerkinElmer. Para cálculo dos resultados foi necessário a construção da curva padrão utilizando 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP), e os valores expressos em mg malonaldeído /kg de carne.

2.2.8- Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições, e os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão linear através do programa R (R version 3.3.1)³⁰. Uma probabilidade de $P < 0,05$ foi considerada estatisticamente significativa.

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inclusão de glicerina bruta na dieta dos animais não alterou as análises de composição centesimal como demonstrado na Tabela 2.2. Resultados semelhantes aos encontrados em vários trabalhos na literatura³¹⁻³⁵.

Essas características biológicas dos músculos dependem de muitos fatores, incluindo nutrição, estado fisiológico e tipo genético do animal, bem como sistemas de criação, embora a composição química dos músculos seja relativamente constante (cerca de 75% de água, 19 a 25% de proteínas e 1 a 2% de minerais e carboidratos)³⁶.

TABELA 2.2 - Média de lipídios, umidade, cinzas e proteína ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) de amostras de carne de animais mestiços alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta 0, 60, 120 e 240 $\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu

	Níveis de glicerina bruta ($\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$)				SEM	Valor P
	0	60	120	240		Linear
Lipídios	1.67	2.44	1.74	2.84	0.553	0.219
Umidade	74.4	73.9	74.2	73.5	0.461	0.218
Cinzas	1.21	1.12	1.21	1.17	0.077	0.931
Proteína	22.5	22.0	22.6	22.2	0.371	0.805

SEM: erro padrão médio

Os valores para IFM se encontram na Tabela 2.3, onde observa-se que não houve efeito da adição de glicerina nos valores de IFM, que revela a extensão da proteólise miofibrilar *post mortem*, sendo uma metodologia útil na avaliação da textura da carne^{21,37}, podendo ser um indicador de maciez.

Assim como neste estudo, Monnerat³⁸, que trabalhou com níveis de inclusão de zero, 5, 10, 15 e 20% de glicerina bruta na matéria seca da dieta, Oliveira¹⁰ que trabalhou com 5% e 15% de substituição do milho na matéria seca total e Fiorentini et al.³¹ que trabalharam com inclusão ou não de $100\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de glicerina bruta na matéria seca da dieta, não encontraram diferenças nos valores de IFM com a inclusão de glicerina bruta.

TABELA 2.3 - Média de índice de fragmentação miofibrilar (IFM), colágeno total (CT), colágeno solúvel (CS) de amostras de carne de animais mestiços alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta 0, 60, 120, 240 $\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu

	Níveis de glicerina bruta ($\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$)				SEM	Valor P
	0	60	120	240		Linear
IFM	53.0	56.6	56.0	52.9	2.933	0.804
CT (%)	2.72	2.87	2.75	2.73	0.060	0.614
CS (%)	9.96	10.1	9.98	10.6	0.291	0.141

SEM: erro padrão médio

Um dos fatores que mais influenciam na decisão de voltar a comprar um corte cárneo é a maciez. A textura da carne depende das estruturas e composição do músculo esquelético, que é composto principalmente de fibras musculares e tecidos conjuntivos intramusculares circundantes³⁹.

Os valores encontrados neste estudo para colágeno total e colágeno solúvel, estão dispostos na Tabela 2.3 e não apresentaram diferenças entre os tratamentos com a inclusão de glicerina bruta. Se usarmos como comparação os valores obtidos por Hill²³ no

desenvolvimento da análise com bois mestiços, os valores de colágeno total estão acima dos verificados em seus estudos ($1,48 \pm 0,16$), porém os valores de solubilidade também estão acima ($6,43 \pm 0,27$), assim apesar de apresentarem valores de colágeno total maiores, a solubilidade também foi maior, não afetando a maciez. Em outras pesquisas com inclusão de glicerina bruta na dieta, não foram verificadas diferenças para os valores de colágeno^{10,38}.

Os valores encontrados para coloração da carne estão na Tabela 2.4. No presente estudo os índices de cor L* com valores médios de 37,5 e b* com valores médios de 8,8 não apresentaram diferença com a inclusão de glicerina bruta e encontram-se dentro das variações normais observadas para cor da carne⁴⁰. Já os valores de a* e Chroma apresentaram relação linear positiva.

TABELA 2.4 - Média de valores de Cor de amostras de carne de animais mestiços alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta 0, 60, 120, 240 g.Kg⁻¹ em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu

	Níveis de glicerina bruta (g.Kg ⁻¹)				SEM	Valor P Linear
	0	60	120	240		
Cor L*	37.4	37.8	37.7	37.4	0.554	0.946
Cor a*	14.0	15.6	16.2	15.8	0.451	0.021 ^a
Cor b*	8.33	9.00	9.22	8.83	0.226	0.220
Chroma	16.34	18.03	18.62	18.12	0.423	0.015 ^b
Hue-Angle	30.68	30.03	29.77	29.22	0.863	0.249

SEM: erro padrão médio a: $y = 14.74 + 0.0637x$; b: $y = 17.1107 + 0.0633x$

Variações na intensidade de a* depende do estado da forma química dos pigmentos heme, que pode estar oxidado ou reduzido e do ligante presente, produzindo proporções variáveis de mioglobina reduzida, oximioglobina e metamioglobina, assim a maior intensidade de a* é decorrente possivelmente de uma maior proporção de oximioglobina, aliada a um menor grau de oxidação desse pigmento⁴¹. Assim, as diferenças nos valores de a* podem estar associadas ao aumento das concentrações de vitamina E (Tabela 2.5) com a adição de glicerina bruta à dieta, protegendo os pigmentos da oxidação, pois, níveis maiores de vitamina E favorecem a estabilidade da cor da carne⁴²⁻⁴⁴.

Estudos anteriores não demonstraram alterações com a inclusão de glicerina bruta na dieta nos parâmetros de coloração da carne⁴⁵⁻⁴⁸.

A vitamina E age prevenindo a oxidação por meio da remoção de radicais livres e o atraso na formação dos produtos da degradação⁴⁹⁻⁵¹. O α -tocoferol é o composto mais ativo que doa esses átomos de hidrogênio aos radicais livres, interrompendo assim, a fase da propagação na auto-oxidação⁵².

O conteúdo de vitamina E (Tabela 2.5), foi influenciado pela adição de glicerina bruta às dietas ($P < 0.015$), em que ocorreu aumento da quantidade de acordo com o aumento da inclusão de glicerina bruta, mostrando uma relação linear positiva.

TABELA 2.5 - Média de vitamina E, colesterol e oxidação lipídica (TBA) de amostras de carne de animais mestiços alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta 0,60, 120, 240 g.Kg⁻¹ em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu

	Níveis de glicerina bruta (g.Kg ⁻¹)				SEM	Valor P
	0	60	120	240		Linear
Vitamina E(μg/g)	3.16	4.04	4.22	4.62	0.368	0.015 ^a
Colesterol- (mg/g)	0.66	0.69	0.67	0.69	0.024	0.459
TBA	0.25	0.27	0.32	0.48	0.074	0.025 ^b

TBA ácido tiobarbitúrico - (mg malonaldeído /kg de carne); SEM: erro padrão médio

a: $y = 3.4347 + 0.055x$

b: $y = 17.1107 + 0.0633x$

Os valores de colesterol deste estudo não foram influenciados pela adição de glicerina bruta à dieta (Tabela 2.5) e estão de acordo com as variações encontradas em outros trabalhos com *Longissimus dorsi*^{53,54} e dentro das variações esperadas para carne em tabelas de alimentação com valores entre 59 a 73 mg.100g.⁻¹ ^{55,56}. O valor encontrado também está próximo ao valor médio fornecido pelo USDA para *Longissimus dorsi*, que é de 65mg.100g⁻¹ ⁵⁷.

Apesar do alto consumo de colesterol ser associado ao aumento da incidência de aterosclerose, ele é um composto necessário para o organismo, sendo essencial na formação das membranas das células, na produção de hormônios sexuais, da vitamina D e de sucos digestivos, além de desempenhar papel importante nos tecidos nervosos e originar sais biliares. Porém a recomendação é de que o consumo de colesterol alimentar deve ser menor que 300 mg/dia para auxiliar no controle da colesterolemia⁵⁸.

Os valores de TBA (Tabela 2.5), apresentaram diferença entre os tratamentos. A carne torna-se suscetível à deterioração oxidativa devido a altas concentrações de lipídios insaturados, pigmentos heme, catalisadores metálicos e uma variedade de agentes oxidantes no tecido muscular⁵⁹. A análise de TBA é considerada efetiva para investigar oxidação durante o armazenamento, pois os lipídios podem ser afetados⁶⁰.

Carvalho et al.⁶¹, também verificaram tendência de aumento nos valores de TBA com a inclusão de 6, 12 e 18% de glicerina bruta na dieta de bovinos Red Norte. Trabalhando com inclusão de 10% de glicerina bruta e diferentes tipos de volumosos na dieta de touros

Nelore, Machado et al.⁶², não verificaram alterações nos valores de TBA, com resultados semelhantes ao do maior nível de inclusão no presente estudo.

O aumento da oxidação não pode ser explicado pelos catalisadores metálicos como o Fe e o Zn, pois seus valores não foram alterados com inclusão de glicerina bruta na dieta (Tabela 2.6), nem pelo aumento nas concentrações de vitamina E, que é antioxidante. Em animais que não recebem suplementação de vitamina E, é importante avaliar se o nível na dieta basal é suficiente para minimizar a suscetibilidade à oxidação⁶³. Porém, mesmo com suplementação de vitamina E, pode não ocorrer limitação do processo oxidativo durante a conservação da carne⁶⁴.

A oxidação pode ter ocorrido por fatores não estudados como o estresse oxidativo que pode resultar em danos funcionais e /ou estruturais ao músculo⁵⁹. O estresse oxidativo, surge como resultado de um desequilíbrio entre a produção de radicais livres e as defesas antioxidantes, está associado a danos aos lipídios, proteínas e ácidos nucleicos⁶⁵. O dano oxidativo a produtos ricos em proteínas, como carnes, pode afetar a atividade de enzimas, receptores e transporte de membranas. Produtos proteicos danificados por oxidação podem conter grupos reativos que contribuem para danificar a membrana e muitas funções celulares⁶⁶.

É difícil avaliar o ponto limite em que a carne bovina pode ser rejeitada devido à oxidação lipídica baseada em percepções sensoriais, porém o valor de TBA de cerca de 2 mg malonaldeído /kg de carne, poderia ser considerado o limiar para a aceitabilidade de carne bovina oxidada⁶⁷. Assim apesar dos valores de TBA terem aumentado com a inclusão de glicerina bruta na dieta, estes valores não representam carne rançosa.

Dentre os elementos minerais analisados neste estudo (Tabela 2.6), somente os valores de potássio foram alterados com a inclusão de glicerina bruta.

TABELA 2.6 - Média de valores dos minerais zinco, ferro, cálcio, magnésio, sódio e potássio (mg.100g⁻¹) de amostras de carne de animais mestiços alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta zero, 60, 120 e 240 g.Kg⁻¹ em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu

	Níveis de glicerina bruta (g.Kg ⁻¹)				SEM	Valor P Linear
	0	60	120	240		
Zn	3.39	3.06	3.24	3.35	0.597	0.826
Fe	1.32	1.24	1.32	1.16	0.076	0.206
Ca	7.44	6.63	7.14	7.92	0.612	0.385
Mg	14.8	15.8	16.1	16.4	0.629	0.104
Na	42.2	47.6	46.6	42.7	2.161	0.782
K	352.1	333.9	326.8	320.0	9.065	0.025 ^a

SEM: erro padrão médio; a: y = 346.1733-1.2353x

Entretanto, mesmo com a diminuição das concentrações de potássio, as concentrações dos minerais se encontram dentro dos valores que ocorrem em carnes, Ca: 4 mg.100g⁻¹, Mg: 18-21 mg.100g⁻¹, Fe: 1,3-1,7 mg.100g⁻¹, Na: 44-53 mg.100g⁻¹, K: 285-335 mg.100g⁻¹ e Zn 2,8-3,2 mg.100g⁻¹ 55.

Estudos prévios verificaram que o farelo de mesocarpo de babaçu apresenta altos teores de potássio em sua composição e que quando utilizado na dieta dos animais aumentam os teores de potássio muscular⁶⁸⁻⁷⁰. É importante ressaltar que variações no conteúdo mineral da carne são esperadas, porque o nível de muitos minerais em alimentos é determinado pelo nível no solo onde os alimentos foram cultivados e por outros fatores ambientais⁷¹.

4- CONCLUSÕES

A glicerina bruta nas concentrações estudadas pode ser utilizada na alimentação de bovinos, pois não afetou a composição centesimal da carne, nem os valores de IFM ou colágeno, que podem influenciar na maciez da carne.

Nas concentrações utilizadas neste estudo a glicerina bruta favoreceu a intensidade da cor vermelha, com maiores índices de a*, além de aumentar as concentrações de vitamina E.

5-REFERÊNCIAS

1. Servillo L, D'Onofrio N, Giovane A, Casale R, Cautela D, Castaldo D, Iannaccone F, Neglia G, Campanile G, Balestrieri. Ruminant meat and milk contain δ -valerobetaine, another precursor of trimethylamine N-oxide (TMAO) like γ -butyrobetaine. *Food Chem.* 2018;260:193–9.
2. Santé-Lhoutellier V. Meat and Human Diet: Facts and Myths. *Encyclopedia of Meat Sci.* 2014;2. doi:10.1016/B978-0-12-384731-7.00178-1
3. Hocquette JF, Botreau R, Picard B, Jacquet A, Pethic DW, Scollan ND Opportunities for predicting and manipulating beef quality. *Meat Sci.* 2012; 92: 197-209.
4. Mennecke BE, Townsend AM, Hayes DJ, Lonergan SM. A study of the factors that influence consumer attitudes toward beef products using the conjoint market analysis tool. *J. Anim. Sci.* 2007;85:2639–59. doi:10.2527/jas.2006-495
5. Archile-Contreras AC, Mandell IB, Purslow PP. Disparity of dietary effects on collagen characteristics and toughness between two beef muscles. *Meat Sci.* 2010;86:491-7.
6. Bekhit AEDA Morton JD, Bhat ZF, Zequan X. Meat Colour: Chemistry and Measurement Systems. *Encyclopedia of Food Chemistry.* 2019;2:211-7. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22419-0>
7. Joo ST, Kim GD, Hwang YH, Ryu YC. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Sci.* 2013;95:828-36.
8. Suman SP, Hunt MC, Nair MN, Rentfrow G. Improving beef color stability: Practical strategies and underlying mechanisms. *Meat Sci.* 2014; 98: 490-504.
9. Park SJ, Beak SH, Jung DJS, Kim SY, Jeong IH, Piao MY, Kang HJ, Fassah DM, Na SW, Yoo SP, Baik M. Genetic, management, and nutritional factors affecting intramuscular fat deposition in beef cattle — A review. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2018;31(7):1043-61. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0310>
10. Oliveira IV. Glicerina bruta na dieta de bovinos nelore e fl red angus x nelore: desempenho, características de carcaça e avaliação qualitativa de nove músculos, maturados ou não [Tese]. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia; 2013. [acesso em 26 março 2019] .Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/1833>
11. Souza SP, Seabra JEA Joaquim E. A, Nogueira LAH Feedstocks for biodiesel production: Brazilian and global perspectives. *Biofuels.* 2018;9(4):455-78.
12. Van Gerpen J. Biodiesel processing and production. *Fuel Process Technol.* 2005;86:1097-107.
13. Dasari MA, Kiatsimkul PP, Sutterlin WR, Suppes GJ. Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol. *Appl Catal A-Gen.* 2005;281:225-31.

14. Wilbert CA, Prates ER, Barcellos JOJ, Schafhauser J. Crude glycerin as an alternative energy feedstuff for dairy cows. *Anim Feed Sci Technol.* 2013;183: 116-23.
15. Barton L, Bures D, Homolka F, Jancik F, Marounek M, Reháč D. Effects of long-term feeding of crude glycerine on performance, carcass traits, meat quality, and blood and rumen metabolites of finishing bulls. *Livestock Sci.* 2013;155:53-59.
16. Barros ACB, Restle J, Missio RL, Miotto FRC, Augusto WF, Maciel RP, Elejalde DAG, Neiva JNM. Physical composition of carcass, commercial cuts and meat characteristics of crossbred Holstein-Zebu young bulls fed crude glycerin levels in the diets. *Semina: Cienc Agrar.* 2016;37(5):3349-60.
17. AOAC Association Of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC International. Gaithersburg; 2012. 19^a ed.
18. Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem.* 1959;31:911-7.
19. MacDougall, D. B. Colour meat. In A.M. Pearson, & T. R. Dutson (Eds.), *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products: Advances in meat research.* (9) London: Blackie Academic & Professional; 1994. p79-93.
20. Culler RD, Parrish Jr FC, Smith GC, Cross HR. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. *J. Food Sci.* 1978;43(4):1177-1180.
21. Hopkins DL, Littefield PJ, Tompsom J. M. A research note on factors affecting the determination of myofibrillar fragmentation. *Meat Sci.* 2000;56(1):19-22.
22. Gornall AG., Bardawill CJ, David MM. Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *J. Biol. Chem.* 1949;177: 751.
23. Hill F. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *J. Food Sci.* 1966;31:161-6.
24. Neuman RE, Logan MA, The determination of collagen and elastin in tissues. *J. Biol. Chem.* 1950;186:549-56.
25. Bergman I, Loxley R. Two improved and simplified methods for the spectrophotometric determination of hydroxyproline. *Analytical Chemistry,* 1963;35(12):1961-5.
26. Cross HR, Carpenter ZL, Smith GC. Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. *J Food Sci.* 1973;38(6):998 -1003.
27. Prates JAM, Quaresma MAG, Bessa RJB, Fontes CMGA, Alfaia CPM. Simultaneous HPLC quantification of total cholesterol, tocopherols and β -carotene in Barrosã-PDO veal. *Food Chem.* 2006;94(3):469-77. doi:10.1016/j.foodchem.2005.01.021
28. St Angelo .Lipid Oxidacion in foods. *Crit Rev Food Sci. Nutr.* 1996;36(3):175-224.

29. Tarladgis BG, Watts M, Younatan MT. A Distillation Method for the Quantitative Determinacion Of Malonaldehyde in Rancid Foods. *J Am Oil Chem Soc.* 1969;37:44-8.
30. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2016. [Acesso em 20 jun 2018]. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.
31. Fiorentini G, Messana JD, José Neto A, Sgobi EG, Castagnino PS, Berchielli TT. Performance and meat quality of Nellore bulls fed crude glycerin combined with soybean oil. *Anim Feed Sci Technol.* 2018; 241: 45-54.
32. van Cleef EHCB, D'Aurea AP, FaÁvaro VR, van Cleef FOS, Barducci RS, Almeida MTC, Machado Neto OR, Ezequiel JMB. Effects of dietary inclusion of high concentrations of crude glycerin on meat quality and fatty acid profile of feedlot fed Nellore bulls. *PLoS ONE.* 2017;12(6): e0179830
33. D'Aurea AP, Ezequiel JMB, D'Aurea EMO, Santos VC, Fávvaro VR, Homen Júnior AC, Almeida MTC, Perez HL. Glicerina bruta associada à ureia na terminação de bovinos: consumo, desempenho e características da carne. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2017;69(1):165-72.
34. Eiras CE, Marques JA, Prado RM, Valero MV, Bonafé EG, Zawadzki F. Glycerine levels in the diets of crossbred bulls finished in feedlot: Carcass characteristics and meat quality. *Meat Sci.* 2014; 96: 930-6.
35. Egea M, Linares MB, Garrido MD, Villodre C, Madrid J, Orengo J, Martínez S, Hernández F. Crude glycerine inclusion in Limousin bull diets: Animal performance, carcass characteristics and meat quality. *Meat Sci.* 2014; 98: 673-8.
36. Geay Y, Bauchart D, Hocquette JF, Culioli J. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reprod. Nutr. Dev.* 2001;41:1-26.
37. Olson DG, Parrish FC, Stromer MH. Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. *J. Food Sci.* 1976;41:1036-41.
38. Monnerat JPIS. Avaliação nutricional, desempenho, e qualidade da carne de bovinos de corte alimentados com dietas contendo glicerina bruta [Tese]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Medicina Veterinária; 2012 [acesso em 12 jun 2018]. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/1825/texto%20completo.pdf?sequence=1>
39. Nishimura T. The role of intramuscular connective tissue in meat texture. *asj_696 Animal Sci J.* 2010;81:721-27.
40. Muchenje V, Dzama K, Chimonyo M, Strydom PE, Hugo A, Raats JG. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. *Food Chem.* 2009;112:279-89.

41. Rodrigues Filho M, Péres JRO, Ramos EM, Rodrigues NEB, Lopes LS. Características da carne de tourinhos Red Norte suplementados com óleos de fritura e soja terminados em confinamento. *Rev Bras Saúde Prod Anim.* 2014;15(1):62-73.
42. Nassu RT, Dugan MER, He ML, McAllister TA, Aalhus JL, Aldai N, Kramer JKG. The effects of feeding flaxseed to beef cows given forage based diets on fatty acids of *Longissimus thoracis* muscle and backfat. *Meat Sci.* 2011; 89:469-77.
43. Robbins K, Jensen J, Rayan KJ, Ryan CH, McKeith FK, Brewe MS. Consumer attitudes towards beef and acceptability of enhanced beef. *Meat Sci.* 2003;65: 721-9.
44. Faustman C, Chan WKM, Lynch MP, Joo St. Strategies for Increasing Oxidative Stability of (Fresh) Meat Color. *Reciprocal Meat Conference Proceedings In: 49th Annual Reciprocal Meat Conference. American Meat Science Association 1996:73-8.*
45. Castagnino PS, Fiorentini G, Dallantonia EE San Vito E, Messana J, Torrecilha JA, Sobrinho AGS, Berchielli TT. . Fatty acid profile and carcass traits of feedlot Nellore cattle fed crude glycerin and virginiamycin. *Meat Sci.* 2018;140: 51-58.
46. Chanjula P, Raungrim T, Yimmongkol S, Poonko S, Majarune S, Maitreejet W. Effects of Elevated Crude Glycerin Concentrations on Feedlot Performance and Carcass Characteristics in Finishing Steers. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 2016;29(1):80-8.
47. Egea M, Linares MB, Hernandez F, Madrid J, Garrido MD. Pre-slaughter administration of glycerol as carbohydrate precursor and osmotic agent to improve carcass and beef quality. *Livestock Sci.* 2015;182:1-7.
48. Françaço MC, Prado IN, Cecato U, Valero MV, Zawadzki F, Ribeiro OL, Prado RM, VisentainerJV. Growth Performance, Carcass Characteristics and Meat Quality of Finishing Bulls Fed Crude Glycerin-Supplemented Diets. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 2013;56(2):327-36.
49. Lynch MP, Kerry JP, Buckeley DJ, Faustman C, Morrissey PA. Effect of dietary vitamin E supplementation on the colour and lipid stability of fresh, frozen and vacuum-packaged beef. *Meat Sci.* 1999;52:95-9.
50. Faustman C, Chan WKM, Schaefer DM, Havens A. Beef Color Update: The Role for Vitamin E. *J. Anim. Sci.* 1998.76:1019-26.
51. Liu Q, Lanari MC, Schaefer DM. A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. *J Anim Sci.* 1995;73:3131-40.
52. Barreiros ALBS, David JM, David JP. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. *Quim. Nova.* 2006;29(1):113-23.
53. Rossato LV, Bressan MC, Rodrigues EC, Carolina MIACM, Bessa RJB, Alves SPP. Composição lipídica de carne bovina de grupos genéticos taurinos e zebuínos terminados em confinamento. *R. Bras. Zootec.* 2009;38(9):1841-6.

54. Sswize S, Harris KB, Savell JW, Cross H. Cholesterol Content of Lean and Fat from Beef, Pork, and Lamb Cuts. *J Food Compos Anal.* 1992;5:160-7.
55. NEPA Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação- UNICAMP Universidade Estadual de Campinas –Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.Campinas: NEPA-UNICAMP. 2011.161 p.
56. USP Universidade de São Paulo. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos TBCA. Universidade de São Paulo USP. [acesso em 13 fev 2019]. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tbca>
57. USDA United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. [acesso em 15 fev 2019]. Disponível em: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/45288918?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=BEEF+TENDERLOIN+STEAK%2C+UPC%3A+681131151849&ds=&qt=&qp=&qa=&qn=&q=&ing=>
58. Santos RD, Gagliardi ACM, Xavier HT, Magnoni CD, Cassani R, Lottenberg AMP, Casella Filho A, Araújo DB, Cesena FY, Alves RJ, Fenelon G, Nishioka SAD, Faludi AA, Geloneze B, Scherr C, Kovacs C, Tomazzela C, Carla C, Barrera-Arellano D, Cintra D, Quintão E, Nakandakare ER, Fonseca FAH, Pimentel I, Santos JE, Bertolami MC, Rogero M, Izar MCO, Nakasato M, Damasceno NRT, Maranhão R, Cassani RSL, Perim R, Ramos S. Sociedade Brasileira de Cardiologia. I Diretriz sobre o consumo de Gorduras e Saúde Cardiovascular. *Arq Bras Cardiol.* 2013;100(1Supl.3):1-40.
59. Falowo AB, Fayemi PO, Muchenge vVNatural antioxidants against lipid–protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International .* 2014;64:171-81.
60. Huang B, He J, Ban X, Zeng H, Yao X, Wang Y. Antioxidant activity of bovine and porcine meat treated with extracts from edible lotus (*Nelumbo nucifera*) rhizome knot and leaf. *Meat Sci.*2011;87:46-53.
61. Carvalho JRR, Chizzotti ML, Ramos EM, Machado Neto OR, Lanna DPD, Lopes LS. Qualitative characteristics of meat from young bulls fed different levels of crude glycerin. *Meat Sci.* 2014; 96:977-83.
62. Machado M, Lage JF, Ribeiro AF, Simonetti LR, Oliveira EA, Berchielli TT. Quality of aged meat of young bulls fed crude glycerin associated with different roughage sources. *Acta Sci.* 2015;37(2):167-72.
63. Insani EM, Eyherabide A, Grigioni G, Sancho AM, Pensel NA, Descalzo AM. Oxidative stability and its relationship with natural antioxidants during refrigerated retail display of beef produced in Argentina. *Meat Sci.* 2008;79: 444-52.
64. D'Agata M, Preziuso G, Russo C, Gatta D. Oxidation and antioxidant status: effects on shelf-life of meat from Limousine cattle fed with supplements of α -tocopherol. *Ital.J.Anim.Sci.* 2009;8:405-15.

65. McCord JM. The Evolution of Free Radicals and Oxidative Stress. *Am J Med.* 2000;108:652-59.
66. Lobo V, Patil A, Phatak A, Chandra N. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacogn Rev.* 2010;4(8):118-26.
67. Campo MM, Nute GR, Hughes SI, Enser M, Wood JD, Richardson. Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Sci.* 2006;72:303-11.
68. Duarte, FOS. Terminação de bovinos com farelo de mesocarpo de babaçu: influência na maciez da carne e fatores relacionados. 2013. 75f. Dissertação [Dissertação]. Goiânia. Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia; 2013. [acesso em 6 out 2018].Disponível em: https://ppgca.evz.ufg.br/up/67/o/Dissertacao2013_Francine_Duarte.pdf
69. Souza MIA. Utilização de farelo do mesocarpo de babaçu em substituição ao grão de milho na terminação de bovinos e a influência na maciez da carne [Dissertação]. Goiânia. Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia; 2014. [acesso em 26 out 2018].Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/4105>
70. Freitas AK, Lobato JFP, Cardoso LL, Tarouco JU, Vieira RM, Dillenburg DR, Castro I. Nutritional composition of the meat of Hereford and Braford steers finished on pastures or in a feedlot in southern Brazil. *Meat Sci.* 2014;96:353-60.
71. Preston RL. Typical Composition Of Feeds For Cattle And Sheep. *Beef*, 2008. [acesso em 26 set 2018]. Disponível em: <https://www.beefmagazine.com/nutrition/typical-composition-feeds-cattle-sheep>

CAPÍTULO 3- PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DA CARNE DE TOURINHOS ALIMENTADOS COM NÍVEIS DE GLICERINA BRUTA NA DIETA

RESUMO

Objetivou-se avaliar a composição de ácidos graxos de amostras de *Longissimus dorsi* obtidas de bovinos mestiços não castrados, com idade média de 30 meses, submetidos a uma alimentação com níveis crescentes de glicerina bruta zero, 60, 102 e 240 g.Kg⁻¹, em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu na matéria seca da fração concentrada da dieta. Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições, os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão linear através do programa R. A inclusão de glicerina bruta não modificou a quantidade de ácidos graxos saturados, nem insaturados da carne, porém mudou a composição dos ácidos graxos encontrados, em que houve aumento significativo na concentração do ácido oléico, além de outros ácidos graxos monoinsaturados *cis*, como o ácido palmitoléico, porém houve diminuição dos ácidos graxos poli-insaturados.

Palavras-chave: ácidos graxos monoinstaurados, aterogenicidade, relação n6:n3, trombogenicidade

CHAPTER 3 - MEAT FATTY ACID PROFILE OF YOUNG BULLS FED CRUDE GLYCERIN LEVELS IN THE DIET

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the fatty acid composition of *Longissimus dorsi* samples obtained from non-castrated crossbred cattle with a mean age of 30 months, fed with increasing levels of crude glycerin 0, 60, 120 and 240 g.Kg⁻¹, replacing the association of millet grain plus babassu mesocarp bran in dry matter of fraction of the diet. A completely randomized experimental design was used with four treatments and six replicates, the data obtained were submitted to linear regression analysis through the R program. The inclusion of crude glycerin did not modify the amount saturated meat or unsaturated fatty acids but changed the composition of the fatty acids found. Therefore we had a significant increase in the concentration of oleic acid, in addition to other *cis* monounsaturated fatty acids, such as palmitic acids, but there was a decrease in polyunsaturated fatty acids.

Keywords: atherogenicity, monounsaturated fatty acids, n6:n3 ratio, thrombogenicity

1-INTRODUÇÃO

Os lipídios nos alimentos são importantes pois contribuem para a qualidade, melhorando as características sensoriais como sabor, aroma, textura e cor, tornando as mais desejáveis, além de serem fonte de vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais^{1,2}.

Como a maioria das características de produção animal, os ácidos graxos são influenciados por genética e fatores ambientais, que incluem o manejo, mas principalmente a alimentação³. Para Mendes et al.⁴, as características qualitativas da carne de animais mestiços ainda não estão bem definidas, porém estão relacionadas à alimentação.

O perfil dos ácidos graxos da carne é uma área de estudo muito importante devido à sua implicação na saúde humana⁵. A carne contribui para ingestão de uma gama de ácidos graxos incluindo os saturados, monoinsaturados e poli-insaturados como o linoleico e alfa-linolênico, sendo fonte de ômega 6 essenciais e ômega 3⁶. Entretanto, existe crescente interesse em aumentar os níveis de ômega 3, devido a seu papel positivo na saúde⁷.

Para Alves et al.⁸, o ecossistema microbiano ruminal é o principal fator responsável pela complexidade do metabolismo lipídico de ruminantes e a razão pela qual os produtos de ruminantes são tão ricos em ácidos graxos tanto saturados como insaturados *trans*.

O conteúdo lipídico do músculo pode apresentar grandes variações devido a muitos fatores, incluindo idade animal, nível nutricional e tipo muscular⁹. Já a composição de ácidos graxos deriva em grande parte do metabolismo ruminal da gordura, e por isso os produtos derivados de ruminantes caracterizam-se pela presença de uma ampla variedade de ácidos graxos que não são encontrados na dieta animal¹⁰.

A qualidade nutricional dos alimentos de origem animal está relacionada ao conteúdo e composição de ácidos graxos. Assim, com a preocupação dos consumidores em ter uma alimentação saudável, um dos objetivos é melhorar a qualidade dos lipídios, aumentando o teor de ácidos graxos benéficos¹¹.

Como resultado do desequilíbrio de ácidos graxos nas dietas humanas, estratégias dietéticas têm sido usadas para melhorar o valor nutricional da gordura intramuscular bovina. Assim, a manipulação da composição de ácidos graxos na carne de ruminantes tenta reduzir o teor de AGS e a proporção n-6 / n-3, enquanto aumenta simultaneamente o conteúdo de AGP e CLA¹².

Um metabolismo extenso de lipídios ocorre no rúmen e isso tem um grande impacto no perfil de ácidos graxos disponíveis para absorção e utilização nos tecidos^{13,14}. Os

ácidos graxos absorvidos podem ser diferentes dos ácidos graxos oferecidos, porém, não há uma degradação total de ácidos graxos pelos micro-organismos ruminais^{10,15}. O grau de biohidrogenação é afetado pelas características da fonte de gordura, pelo tempo de retenção bem como pelas características da população microbiana ruminal¹⁶. Desvios nas condições ruminais podem influenciar a população microbiana e os produtos da fermentação, chegando ao duodeno os ácidos graxos de origem alimentar, bem como do resultado da atividade microbiana¹⁷. O perfil característico dos ácidos graxos diferirá se os ruminantes forem alimentados principalmente com forragens ou com concentrado, e de acordo com a variação da composição de ácidos graxos da dieta¹⁸.

Os micro-organismos ruminais podem usar a biohidrogenação como meio de defesa contra a toxicidade dos ácidos graxos insaturados^{17,19}, por isso são extensivamente isomerizados e hidrogenados pela microbiota ruminal, o que leva ao baixo teor de AGP e à presença variável, mas presente, de ácidos graxos *trans* em seus tecidos e produtos^{20,21}. Para Aldai et al.¹⁸ a biohidrogenação, pode ser uma tentativa de produzir metabólitos valiosos relacionados a certo equilíbrio microbiano.

Além da composição lipídica da dieta, quantidade e o tipo de lipídio, acredita-se que outras características da dieta e vários componentes do ecossistema ruminal influenciem a extensão da biohidrogenação e dos seus intermediários, incluindo o conteúdo de fibra e o pH ruminal^{13,17,22,23}.

A formação de micelas é a chave para o processo de solubilização e fundamental para a absorção eficiente de ácidos graxos. Em ruminantes as secreções biliares e pancreáticas estão envolvidas neste processo. A lisolecetina, juntamente com os sais biliares permitem a formação da micela, para absorção intestinal. Dentro das células epiteliais intestinais, os ácidos graxos são reesterificados em triglicerídeos e então empacotados em quilomicrons para transporte para o sangue¹⁴.

O tecido adiposo é o principal local da síntese de ácidos graxos em ruminantes, para isso, ele utiliza ácidos graxos da dieta, bem como ácidos graxos da síntese *de novo* a partir do acetato²⁴. Na síntese *de novo*, o ácido palmítico é sintetizado, podendo ser alongado a esteárico²⁵.

A composição de ácidos graxos absorvidos no intestino delgado é semelhante à composição de ácidos graxos que deixam o rúmen²³.

A deposição de gordura intramuscular em ruminantes é complexa e envolve fatores intrínsecos como genótipo, diferenciação muscular, estágio de maturação e tipo celular, além de fatores extrínsecos como nutrição, quantidade e tipo de oferta de energia²⁰.

A gordura proveniente da carne de ruminantes é rica em AGS e pobres em AGP, porém, é fonte de ácidos linoleicos conjugados e única fonte natural de várias formas de ácidos graxos *trans*, como por exemplo o ácido vacênico e o c9,t11-CLA, que estão associados a benefícios à saúde como redução do risco de doença cardiovascular e regulação de anormalidades metabólicas associadas a condições dislipidêmicas e pré-diabéticas²⁶, e a variação nas proporções desses ácidos graxos está intimamente ligada à dieta animal^{17,19,27}.

Os ácidos octadecadienóicos conjugados são um grupo de isômeros geométricos e posicionais do ácido linoleico (C18: 2 n-6). Eles são conhecidos coletivamente como ácidos linoléicos conjugados e possuem ligações duplas que são separadas por uma única ligação carbono-carbono (insaturação conjugada) em vez do sistema de ligação dupla interrompida por metileno²⁸.

Os CLAs estão presentes em maiores concentrações em produtos de ruminantes porque eles são formados no rúmen a partir de ácido linoléico da dieta¹⁹. A carne de ruminantes e produtos lácteos são as principais fontes alimentares de c9,t11-CLA²⁹.

Os AGP n-3 demonstraram benefícios relacionados à saúde humana, incluindo a melhora dos desfechos relacionados a doenças cardíacas, diminuição do crescimento de tumores e metástases³⁰, além de desempenhar um papel no desenvolvimento infantil e nas doenças mentais (demência e Alzheimer)⁷, por isso seu consumo tem sido incentivado.

Assim, objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de glicerina bruta na alimentação de bovinos, em substituição ao uso de milho e farelo de babaçu, em relação à composição de ácidos graxos da carne.

2- MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção das amostras

As amostras foram obtidas conforme descrito no Capítulo 2.

2.2. Perfil de ácidos graxos

A análise de perfil de ácidos graxos foi realizada em duas etapas. A primeira etapa foi realizada no CPA- EVZ-UFG, onde a fração lipídica extraída na etapa de determinação de gordura foi utilizada para a quantificação de ácidos graxos. Para tanto foi realizada a transesterificação dos ácidos graxos, a fim de transformá-los em éster metílicos, conforme Hartman e Lago³¹.

Foi utilizado o ácido nonadecanóico (C19:0) como padrão interno. Após a transesterificação os ésteres metílicos contidos no hexano foram transferidos para vials, estes submetidos à secagem em nitrogênio e armazenados em freezer -40°C, até o envio para a segunda etapa que foi desenvolvida no Laboratório de Sistemas de Produção Animal, do Centro de Investigação Interdisciplinar em Saúde Animal (CIISA), da Faculdade de Medicina Veterinária, da Universidade de Lisboa, Portugal.

No Laboratório de Sistemas de Produção Animal, foi adicionado 1mL de hexano nos vials com os ésteres metílicos e estes agitados em vortex e submetidos à análise cromatográfica. Os ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME), foram analisados usando cromatógrafo gasoso Shimadzu QP 2010-plus, equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida SP 2560 (100 m, 0,2 mm id., 0,20 µm de espessura; Supelco)

O gás Hélio foi utilizado como gás carreador, com fluxo constante de 1mL/min., as temperaturas do injetor e do detector foram 250°C e 280°C, respectivamente. A temperatura do forno foi programada da seguinte forma: temperatura inicial do forno 50°C mantida por 1 minuto, aumentando para 150°C a 50°C/min e mantida por 20 minutos, depois aumentada para 190°C a 1°C/min, e finalmente aumentada para 220°C a 2°C/min e mantida por 18 minutos.

A identificação dos ésteres metílicos foi realizada de acordo com a comparação dos tempos de retenção dos padrões certificados (FAME mix 37 da Supelco Inc.) e com cromatogramas publicados por Alves e Bessa^{32,33}. A identificação adicional dos ésteres metílicos foi obtida por espectrometria de massa de impacto de elétrons usando um Shimadzu GC-MS QP2010 Plus, equipado com coluna capilar 100% cianopropil polisiloxano (SP-2560, 100 m, 0,25 mm id, 0,20 µm espessura, Supelco). As condições do GC foram semelhantes às condições do GC-FID. As condições do espectrômetro de massa foram as seguintes: temperatura da fonte de 200°C; temperatura de interface, 220°C; energia de ionização, 70 eV; digitalização, 50 a 500 unidades de massa atômica.

Os ácidos graxos das rações e da glicerina bruta foram analisados no Laboratório de Sistemas de Produção Animal, do Centro de Investigação Interdisciplinar em Saúde Animal (CIISA), da Faculdade de Medicina Veterinária, da Universidade de Lisboa, Portugal, por meio de transesterificação direta com HCl como catalisador ácido em metanol de acordo com Sukhija & Palmquist³⁴, a partir deste processo seguiram para análise e foram identificadas com as condições cromatográficas citadas acima.

Foram calculados os índices para a atividade da $\Delta 9$ dessaturase para os ácidos graxos e C 16:0, de acordo com Malau-Aduli, et al.³⁵:

$$\Delta 9 \text{ atividade dessaturase 16: } 100 [(C16:1cis9)/(C16:1cis9+C16:0)];$$

$$\Delta 9 \text{ atividade dessaturase 18: } 100 [(C18:1cis9)/(C18:1cis9+C18:0)];$$

Onde:

C16:0 = ácido palmítico

C16:1cis9 = ácido palmitoléico

C18:0 = ácido esteárico

C18:1cis9 = ácido oléico

A qualidade nutricional dos lipídios foi avaliada através dos índice de aterogenicidade, e índice de trombogenicidade, estimados de acordo com Ulbricht e Southgate³⁶:

$$\text{Índice de aterogenicidade} = \frac{[C12:0 + (4 \times 14:0) + C16:0]}{(\Sigma \text{AGP n-6} + \Sigma \text{AGP n-3} + \Sigma \text{AGM})}$$

$$\text{Índice de trombogenicidade} = \frac{(C14:0 + C16:0 + C18:0)}{[(0,5 \times \Sigma \text{AGMI}) + (0,5 \times \Sigma n-6) + (3 \times \Sigma n-3) + (\Sigma n-3/\Sigma n-6)]}$$

Onde:

C12:0 = ácido láurico

C14:0 = ácido mirístico

C16:0 = ácido palmítico

C18:0 = ácido esteárico

ΣAGMI = Soma das concentrações de todos os ácidos graxos monoinsaturados

$\Sigma n-6$ = Soma das concentrações dos AG poli-insaturados ômega 6

$\Sigma n-3$ = Soma das concentrações dos AG poli-insaturados ômega 3

Os ácidos graxos encontrados na glicerina bruta utilizada no experimento, estão relacionados a seguir e foram expressos em $g \cdot 100g^{-1}$ total de ácidos graxos, compreendendo os ácidos graxos palmítico (28.08), heptadecanóico (4.23), esteárico (8.22), oléico (33.51) e linoléico (25.97).

Os ácidos graxos das rações analisadas se encontram na Tabela 3.1.

TABELA 3.1 - Composição dos ácidos graxos (g.100g⁻¹ total de AG) das dietas oferecidas aos animais com níveis crescentes de glicerina bruta zero, 60, 120 e 240 g.Kg⁻¹ em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu

Ác. graxos	Níveis de glicerina bruta (g.Kg ⁻¹)			
	0	60	120	240
C12:0	1.30	0.57	0.44	0.77
C14:0	0.83	0.76	0.49	0.46
C16:0	34.38	31.80	23.94	22.48
C16:1	0.14	0.13	0.16	0.27
C17:0	1.13	0.66	0.48	0.15
C18:0	7.27	8.19	8.54	4.59
C18:1c9	19.15	22.41	22.92	22.43
C18:1c11	1.08	1.19	1.65	0.93
C18:2n6	25.54	26.27	34.97	43.64
C20:0	1.54	1.56	1.36	0.82
C18:3n3	5.01	3.98	2.75	2.63
C22:0	0.96	1.01	0.93	0.34

2.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições e os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão linear através do programa R (R version 3.3.1)³⁷. Uma probabilidade de $P < 0,05$ foi considerada estatisticamente significativa.

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ácidos graxos encontrados na carne de animais alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta, estão dispostos conforme as saturações. Os ácidos graxos saturados estão demonstrados na Tabela 3.2.

Os AGSs predominantes na gordura intramuscular das amostras deste estudo foram o ácido palmítico (C16:0, 26-27%) e o ácido esteárico (C18:0, 11-14%). O ácido cáprico (C 10:0) e o ácido esteárico sofreram reduções significativas com a adição de glicerina bruta nas dietas. Também houve quedas significativas na quantidade dos ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR). Houve aumento nas concentrações do ácido pentadecanóico (C15:0) e do ácido heptadecanóico (C 17:0).

TABELA 3.2 - Composição média dos ácidos graxos saturados (g.100g⁻¹ total de AG) de amostras de carne de animais mestiços alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta 0, 60, 120, 240 g.Kg⁻¹ em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu

	Níveis de glicerina bruta (g.Kg ⁻¹)				SEM	Valor P
	0	60	120	240		Linear
C10:0	0.14	0.10	0.08	0.07	0.022	0.042 ^a
C12:0	0.12	0.09	0.09	0.08	0.019	0.214
i-C14:0	0.07	0.03	0.05	0.04	0.013	0.235
C14:0	3.41	3.23	3.50	3.19	0.329	0.729
i-C15:0	0.17	0.10	0.10	0.10	0.010	<0.001 ^b
a-C15:0	0.15	0.11	0.09	0.08	0.012	0.005 ^c
C15:0	0.38	0.31	0.34	0.56	0.026	<0.001 ^d
i-C16:0	0.17	0.14	0.14	0.10	0.016	0.009 ^e
C16:0	27.2	27.3	26.5	27.0	0.780	0.736
i-C17:0	0.20	0.17	0.13	0.14	0.013	0.018 ^f
C17:0	0.70	0.72	0.79	1.42	0.062	<0.001 ^g
C18:0	14.3	12.6	11.8	11.8	0.692	0.022 ^h
C20:0	0.10	0.08	0.06	0.08	0.009	0.117
C22:0	0.05	0.04	0.04	0.04	0.011	0.603

SEM: Erro padrão médio a: $y = 0.1264 - 0.0027x$; b: $y = 0.142 - 0.0024x$; c: $y = 0.13 - 0.0021x$; d: $y = 0.305 + 0.0087x$; e: $y = 0.1657 - 0.0025x$; f: $y = 0.1857 - 0.0026x$; g: $y = 0.579 + 0.0312x$; h: $y = 13.635 - 0.0964x$

Sabe-se que o óleo de babaçu possui altas concentrações de ácido cáprico^{38,39}, e que o farelo de mesocarpo de babaçu possui 0,64% de extrato etéreo⁴⁰. Como a quantidade de ácido cáprico diminuiu com a substituição do farelo de mesocarpo de babaçu por glicerina bruta, pode ser efeito da redução de ingestão deste ácido com a redução da ingestão de farelo de mesocarpo de babaçu.

Como os ácidos mirístico (C 14:0) e palmítico (C16:0) não aumentaram com a adição de glicerina bruta, este pode ser considerado um fator positivo, pois estes ácidos graxos podem elevar as concentrações plasmáticas de colesterol e de LDL^{41,42,43}. Entretanto vale ressaltar que independente da diminuição do ácido esteárico (C18:0) nas amostras estudadas, o mesmo não possui efeito colesterolêmico⁴⁴.

Assim como neste estudo, outros autores relataram a diminuição significativa de ácido esteárico (C18:0) no músculo quando adicionada glicerina bruta na dieta animal⁴⁵⁻⁴⁸. Fato que pode estar relacionado à atividade da $\Delta 9$ dessaturase, pois a concentração de ácido oleico no tecido adiposo bovino depende da atividade desta enzima⁴⁹.

Os ácidos graxos de cadeia ímpar (AGCI) são originários principalmente de bactérias que deixam o rúmen⁵⁰, mas podem ser ingeridos na dieta, e os ácidos graxos de cadeia ramificada se originam das membranas celulares das bactérias do rúmen, os produtos lácteos e carne de ruminantes são fontes desses ácidos graxos^{51,52}. O perfil de AGCI e AGCR das bactérias ruminais parece largamente determinado pela sintetase dos ácidos graxos do

micro-organismo e, em menor escala, pelas condições fisiológicas e de cultura. Isto sugere que as variações no perfil destes ácidos graxos que saem do rúmen são principalmente um reflexo de mudanças na abundância relativa de populações bacterianas específicas no rúmen⁵³.

Assim, o aumento nas concentrações dos ácidos pentadecílico (C 15:0) e margárico (C 17:0) com a inclusão de glicerina, pode ser reflexo da mudança na população microbiana ruminal. Outros estudos também verificaram aumento nas concentrações de C15:0⁵⁴ e C17:0⁴⁸ com a inclusão de glicerina bruta na dieta.

Os AGCR são principalmente AGS com um ramo de metila ou mais na cadeia de carbono. Os ácidos graxos que terminam com um grupo isopropil ou isobutil são referidos como iso ou anteiso, respectivamente⁵¹. As concentrações dos AGCR diminuíram com a inclusão de glicerina bruta na dieta, podendo sugerir menores concentrações das bactérias ruminais que produzem esses ácidos graxos.

TABELA 3.3 - Composição média dos ácidos graxos monoinsaturados (g.100g⁻¹ total de AG) e atividade da $\Delta 9$ dessaturase de amostras de carne de animais mestiços alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta zero, 60, 120 e 240 g.Kg⁻¹ em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu

	Níveis de glicerina bruta (g.Kg ⁻¹)				SEM	Valor P Linear
	0	60	120	240		
C14:1- <i>c</i> 9	0.78	0.90	0.98	0.89	0.137	0.640
C16:1- <i>c</i> 7	0.17	0.18	0.21	0.22	0.016	0.039 ^a
C16:1- <i>c</i> 9	3.04	3.59	3.97	3.72	0.210	0.042 ^b
C17:1- <i>c</i> 9	0.69	0.70	0.88	1.42	0.070	<0.001 ^c
C18:1- <i>t</i> 6/7/8	0.12	0.09	0.06	0.07	0.010	0.005 ^d
C18:1- <i>t</i> 9	0.12	0.12	0.11	0.10	0.008	0.129
C18:1- <i>t</i> 10	0.20	0.17	0.12	0.10	0.027	0.009 ^e
C18:1- <i>t</i> 11	0.70	0.58	0.44	0.39	0.048	<0.001 ^f
C18:1- <i>t</i> 12	0.13	0.12	0.11	0.10	0.017	0.263
C18:1- <i>c</i> 9	33.0	37.2	39.0	40.5	1.150	<0.001 ^g
C18:1- <i>c</i> 11	1.12	1.20	1.17	1.24	0.074	0.306
C18:1- <i>c</i> 12	0.06	0.05	0.04	0.03	0.007	0.027 ^h
C18:1- <i>c</i> 13	0.19	0.28	0.29	0.38	0.036	0.002 ⁱ
C18:1- <i>t</i> 16/ <i>c</i> 14	0.07	0.06	0.04	0.04	0.008	0.006 ^j
C18:1- <i>c</i> 15	0.01	0.03	0.01	0.02	0.008	0.643
C20:1- <i>c</i> 11	0.05	0.08	0.11	0.12	0.019	0.014 ^k
$\Delta 9$ dessaturase C16:0	10,0	11,6	13,0	12,1	0.562	0.019 ^l
$\Delta 9$ dessaturase C18:0	69,8	74,6	76,8	77,5	1.050	<0.001 ^m

AGM: Ácidos graxos monoinsaturados; SEM: Erro padrão médio a: $y = 0.1733+0.002x$; b: $y = 3.3133+0.0258x$; c: $y = 0.587+0.0322x$; d: $y = 0.1047-0.0019x$; e: $y = 0.1983-0.0044x$; f: $y = 0.663-0.0129x$; g: $y = 34.4027+0.2897x$; h: $y = 0.0529-9e-04x$; i: $y = 0.2104+0.0072x$; j: $y = 0.0673-0.0014x$; k: $y = 0.0603+0.0029x$; l: $y = 10.8537+0.0809x$; m: $71.631+0.2923x$

Houve aumento significativo na maioria dos AGM *cis* das amostras de carne analisadas (Tabela 3.3). Somente os ácidos miristoléico (C 14:1 *c9*), vacênico (C 18:1 *c11*) e *cis* 15 octadecenóico (C 18:1 *c15*) que não apresentaram diferenças entre os tratamentos. O aumento de gordura insaturada pode ser devido à redução da lipólise ruminal quando há adição de glicerina bruta na dieta, e conseqüente redução da biohidrogenação, aumentando assim os níveis de gordura insaturada que passa pelo rúmen^{55,56}.

Houve diminuição significativa nos níveis de AGM *trans*, exceto para *trans* 9 octadecenóico (C 18:1 *t9*) e *trans* 12 octadecenóico (C 18:1 *t12*). Em outro estudo com glicerina também foi verificada a redução nos níveis dos ácidos *trans* 10 octadecenóico (C18:1 *t10*) e ácidos *trans* 11 octadecenóico (C18:1 *t11*)⁵⁷. Os valores encontrados para C18:1 *t10*, podem estar associados ao fato de que em dietas ricas em amido sua concentração aumenta⁵⁸, porém como houve redução na quantidade de amido da dieta, a redução nas concentrações deste ácido graxo pode estar relacionada a este fato.

A redução nas concentrações de C 18:1 *t11* pode ser resultado de mudanças nas populações de bactérias *Butyrivibrio fibrisolvens* com o fornecimento de glicerina na dieta, pois estas bactérias desempenham um papel crucial no processo de biohidrogenação ruminal e uma vez que o crescimento dessas bactérias é danificado, sua capacidade de transformar os ácidos linoléico e linolênico em ácido vacênico é reduzida^{59,60}.

A adição de glicerina na dieta aumentou as concentrações do ácido *cis* 9 heptadecenóico (C17:1-*c9*), que é sintetizado pelas bactérias ruminais a partir do propionato⁶¹, e seu aumento pode estar relacionado à fermentação ruminal da glicerina, que aumenta as proporções de propionato⁶². Outros autores também verificaram aumento nas concentrações de C17:1-*c9* com inclusão de glicerina bruta^{47,48}.

O ácido oleico (C 18:1*c9*) foi o ácido graxo que apresentou maior concentração nas amostras analisadas neste estudo, e de acordo com Jaris e Mensink⁶³, ele é o AGM *cis* mais consumido, representando mais de 92% do total. Estudos recentes mostram aumento da concentração do ácido oleico com a utilização de glicerina bruta nas dietas^{48,57}.

Para o ácido oleico houve uma relação linear diretamente proporcional em relação à glicerina bruta, pois com o aumento das concentrações de glicerina bruta na dieta aumentou significativamente a quantidade deste ácido graxo nas amostras, apesar dos níveis encontrados na ração não apresentarem aumento. Esse comportamento pode ocorrer devido ao fato da glicerina bruta reduzir a lipólise e conseqüentemente a biohidrogenação, ficando disponível maior quantidade de ácidos graxos insaturados para serem absorvidos^{55,56}. Dados encontrados

em outro estudo também verificaram aumento da quantidade de ácido oleico com o uso de glicerina bruta na dieta⁵⁷.

No rúmen a maioria dos ácidos oleico, linoleico e linolênico passam pela biohidrogenação e após a biohidrogenação o ácido graxo resultante é o ácido esteárico, porém podem ocorrer alterações no pH, na taxa de passagem e a biohidrogenação ser incompleta formando ácidos graxos intermediários¹⁹.

Os isômeros *cis* e *trans* C18:1 são intermediários das transformações de ácidos graxos no rúmen, cujas proporções podem variar de acordo com a dieta e suas quantidades relativas moldam a qualidade nutricional dos produtos de ruminantes. No entanto, as rotas detalhadas da produção de todos os isômeros C 18:1 encontrados no rúmen não são claras^{13,64}.

Os ácidos palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0) podem ser convertidos em ácido palmitoléico (C16:1-*c*9) e oléico (C 18:1 *c*9) respectivamente pela $\Delta 9$ dessaturase^{3,65}. Assim, o aumento do ácido oleico está associado com a diferença observada nas concentrações de ácido esteárico, pela influência da $\Delta 9$ dessaturase. E o aumento do ácido palmitoléico pode estar associado à influência da $\Delta 9$ dessaturase mesmo que não tenha sido notada diminuição nos valores de C16:0, pois na síntese *de novo* pode ocorrer formação de C16:0.

Existem várias recomendações para consumo de ácidos graxos *trans*, saturados e AGP *cis*, porém as agências não têm recomendações em comum acordo para AGM *cis*. Os efeitos dos AGMs no risco de doenças cardiovasculares e mortalidade por doença coronariana são menos claros⁶⁶, talvez por isso a falta de recomendações.

Os lipídios teciduais de ruminantes são caracterizados pela presença de uma diversidade de ácidos graxos derivados das vias de biohidrogenação de ácidos graxos insaturados da dieta no rúmen. Esses intermediários de biohidrogenação compreendem principalmente ácidos graxos *trans*, alguns com benefícios potenciais à saúde, como o C 18:1-*t*11 (ácido *trans* vacênico) e C18: 2-*c*9, *t*11 (ácido rumênico, ou CLA - ácido linoléico conjugado)⁶⁷.

Os AGP das amostras analisadas estão dispostos na Tabel 3.4. No presente estudo as concentrações do ácido linoleico e linolênico diminuíram significativamente conforme o acréscimo de glicerina bruta, apesar da alta concentração nas dietas oferecidas, fato que pode ser explicado devido à extensa biohidrogenação sofrida por esses ácidos graxos¹⁹. Em outro estudo também foi verificada diminuição nas concentrações dos ácidos linoleico e linolênico com a adição de glicerina bruta à dieta⁴⁶.

TABELA 3.4 - Composição média dos ácidos graxos poli-insaturados ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ total de AG) de amostras de carne de animais mestiços alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta zero, 60, 120 e 240 $\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu

	Níveis de glicerina bruta ($\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$)				SEM	Valor P
	0	60	120	240		Linear
C18:2- <i>t11c15</i>	0.02	0.01	0.007	0.01	0.007	0.464
C18:2n-6	6.79	5.19	4.68	2.80	0.597	<0.001 ^a
C18:3n-6	0.06	0.04	0.06	0.04	0.010	0.396
C18:3n-3	0.82	0.63	0.61	0.42	0.077	0.002 ^b
CLA	0.20	0.25	0.20	0.19	0.020	0.273
C20:2n-6	0.07	0.05	0.05	0.03	0.010	0.010 ^c
C20:3n-9	0.15	0.12	0.13	0.13	0.024	0.623
C20:3n-6	0.44	0.36	0.31	0.24	0.057	0.021 ^d
C20:4n-6	1.89	1.41	1.37	0.95	0.212	0.007 ^e
C20:5n-3	0.65	0.44	0.46	0.34	0.086	0.031 ^f
C22:4n-6	0.13	0.15	0.11	0.11	0.023	0.326
C22:5n-6	0.01	0.01	0.01	0.02	0.007	0.279
C22:5n-3	0.96	0.80	0.70	0.54	0.115	0.017 ^g
C22:6n-3	0.09	0.10	0.09	0.07	0.020	0.399

CLA: ácido linoleico conjugado; SEM: Erro padrão médio; a: $y = 6.522 - 0.1577x$; b: $y = 0.7843 - 0.0154x$; c: $y = 0.0697 - 0.0016x$; d: $y = 0.4227 - 0.0081x$; e: $y = 1.781 - 0.0357x$; f: $y = 0.5907 - 0.0111x$; g: $y = 0.9233 - 0.0167x$

O ácido linoleico é geralmente o ácido graxo mais comum presente nas dietas para bovinos e a sua ingestão varia amplamente, no entanto, apenas uma fração do ácido linoléico consumido é realmente disponível para absorção¹⁴.

No presente estudo os valores de CLA não foram alterados pela dieta. Os CLAs estão predominantemente presentes em produtos de ruminantes devido à ação de micro-organismos do rúmen na biohidrogenação de ácidos graxos. As concentrações de CLA por grama de ácidos graxos varia substancialmente não só entre as espécies, mas também de animal para animal e em diferentes tecidos. A dieta tem uma forte influência no conteúdo de CLA⁶⁸.

Há um incentivo na diminuição do consumo dos ácidos graxos *trans* por serem frequentemente associados a um maior risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares⁶⁹, porém os CLAs tem despertado interesse por parte dos pesquisadores devido às suas propriedades benéficas⁷⁰. CLA é seguro para ser usado no tratamento de obesidade^{71,72} e pode diminuir os riscos de doenças cardiovasculares e câncer⁷³.

Tanto o ácido linoléico como o ácido linolênico podem ser metabolizados em AGP de cadeia longa através de uma série de etapas de dessaturação e alongamento. O ácido linoléico pode ser metabolizado em ácido eicosadienóico (C 20:2 n-6) e ácido araquidônico (AA; C 20: 4n-6) entre outros, enquanto o ácido linolênico pode ser metabolizado em ácido

eicosapentaenóico (EPA; C20: 5n-3) e finalmente em ácido docosahexaenóico (DHA; 22: 6n-3) entre outros^{30,74}.

O ácido araquidônico (C 20: 4n-6) pode ser obtido a partir de fontes de gordura animal³⁰. Os valores de C 20: 4n-6 encontrados neste estudo demonstraram que a adição de glicerina bruta diminuiu significativamente a quantidade deste ácido graxo na carne, apresentando uma relação linear negativa, fato que pode estar relacionado a biohidrogenação do ácido linoleico. Egea et al.⁴⁶ também verificaram redução nos níveis de C 20: 4n-6. Houve diminuição nas quantidade de C 20: 2 n-6, que também pode estar relacionada a biohidrogenação do ácido linoléico.

Foi verificada redução significativa nas concentrações dos ácidos eicosapentaenóico (C20:5n-3) e ácido docosapentaenóico (DPA; C22:5n-3), conforme acréscimo da quantidade de glicerina bruta na dieta, demonstrando relação linear negativa. As reduções nas concentrações, podem estar relacionada à biohidrogenação do ácido linoléico. Por serem fonte de ômega 3 suas reduções são desvantajosas, já que esses ácidos graxos diminuem o risco de doenças cardiovasculares⁶⁵.

Os AGS representaram aproximadamente 44,5% dos ácidos graxos encontrados neste estudo (Tabela 3.5). A adição de glicerina bruta às dietas não alterou a quantidade destes ácidos entre os tratamentos e diminuiu a quantidade de AGCR, conhecidos como iso e ant-iso.

TABELA 3.5 - Somatório ácidos graxos (g.100g⁻¹ total de AG), relação ômega 6/ômega 3 e índice de aterogenicidade de amostras de carne de animais mestiços alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta zero, 60, 120 e 240 g.Kg⁻¹ em substituição à associação do grão de milho e farelo do mesocarpo do babaçu

	Níveis de glicerina bruta (g.Kg ⁻¹)				SEM	Valor P Linear
	0	60	120	240		
AGS	46.4	44.5	43.2	44.2	1.180	0.225
AGI	53.4	55.2	56.6	55.6	1.188	0.220
AGCR	0.76	0.54	0.50	0.47	0.039	<0.001 ^a
AGM- <i>cis</i>	39.2	44.2	46.6	48.6	1.128	<0.001 ^b
AGM- <i>trans</i>	1.34	1.16	0.87	0.82	0.068	<0.001 ^c
AGP	12.1	9.32	8.60	5.72	1.162	0.001 ^d
AGP n-3	2.52	1.97	1.85	1.38	0.275	0.009 ^e
AGP n-6	9.40	7.22	6.61	4.21	0.878	<0.001 ^f
n-6/n-3	3.78	3.74	3.58	3.17	0.169	0.012 ^g
IA	0.78	0.74	0.73	0.73	0.049	0.474
IT	1.38	1.34	1.27	1.36	0.081	0.856

AGS: Ácido graxo saturado, AGI: Ácido graxo insaturado, AGCR: Ácido graxo de cadeia ramifica, AGM-*cis*: Ácido graxo monoinsaturado *cis*, AGM *trans* : Ácido graxo monoinsaturado *trans*, AGP: Ácido graxo poli-insaturado, AGP n-3: Ácido graxo poli-insaturado ômega 3, AGP n-6: Ácido graxo poli-insaturado ômega 6, n-6/n-3: relação ômega 6/ ômega3; IA: Índice de aterogenicidade, IT: Índice de trombogenicidade, SEM: Erro padrão médio; a: $y = 0.6807 - 0.0107x$; b: $y = 40.8023 + 0.3672x$; c: $y = 1.28 - 0.0222x$; d: $y = 11.5453 - 0.2495x$ e: $y = 2.3997 - 0.0445x$; f: $y = 9.0033 - 0.2044x$; g: $y = 3.8413 - 0.0262x$

O total de ácidos graxos insaturados (Tabela 3.5), não foi afetado pela inclusão de glicerina bruta, assim como em outros estudos^{75,76}. A inclusão de glicerina bruta aumentou as concentrações de AGM *cis* e diminuiu as concentrações de AGM *trans*, AGP n-3 e n-6 (Tabela 3.5). Outros estudos encontrados na literatura também verificaram aumento das concentrações de AGM com a adição de glicerina bruta na dieta animal^{45,47,48,57}. Dietas enriquecidas com AGM podem resultar em efeitos benéficos na agregação plaquetária e na ativação pós-prandial do fator VII, que atenua as respostas trombóticas⁷⁷.

Os AGM previnem ou melhoram as síndromes metabólicas e o risco de doenças cardiovasculares modulando favoravelmente os lipídios sanguíneos, a pressão arterial e a sensibilidade à insulina. Além disso, a oxidação preferencial AGM e o metabolismo influenciam a composição corporal e potencialmente melhoram o risco de obesidade⁷⁸.

A diminuição dos AGP é um efeito notável, havendo estudos que mostram a importância dos AGP e seu valor nutricional na dieta humana^{79,80}.

Como houve redução na quantidade de AGP n-3 e n-6 a relação entre eles também apresentou efeito significativo com a inclusão de glicerina bruta na dieta. Existem algumas variações nas recomendações sobre a relação n-6/n-3 na dieta, ficando entre 4:1 e 5:1^{81,82}. A razão entre a ingestão de alimentos fontes de ácidos graxos n-6 e n-3 tem importância na saúde humana pois estes competem pelas enzimas envolvidas nas reações de dessaturação e alongamento da cadeia⁸¹, um desequilíbrio nesta relação pode acentuar a deficiência de AGP n-3⁷⁹. Dietas com uma menor razão n-6/n-3 são consideradas mais saudáveis para consumo humano, e tem havido crescente interesse em diminuir essa relação em dietas humanas⁸³.

No presente estudo os índices de aterogenicidade e trombogenicidade não foram afetados pela inclusão de glicerina bruta na dieta. O índice de aterogenicidade leva em conta os diferentes efeitos que os ácidos graxos individuais podem ter na saúde humana e, em particular, na probabilidade de aumentar a incidência de ateroma e que índice abaixo de um, é benéfico para a saúde humana⁸⁴. Já o índice de trombogenicidade leva em consideração a probabilidade da formação de trombos. Assim, quanto menores os índices de aterogenicidade e de trombogenicidade, melhor para a saúde humana³⁶.

A composição de ácidos graxos da carne vai além do efeito predominante da nutrição, está relacionada ao nível de gordura, refletindo a síntese de ácidos graxos *de novo* e o balanço entre os triacilgliceróis e os fosfolípidos na carne³.

Outros efeitos que não estão relacionados às concentrações de ácidos graxos na ração, estão relacionados à biohidrogenação ruminal, porém o comportamento da microbiota

não foi estudado. Os diversos micro-organismos ruminais têm diferentes sensibilidades ou afinidades com os vários ácidos graxos poli-insaturados, o que poderia modificar suas biomassas ou atividades¹³.

4- CONCLUSÃO

Levando-se em consideração o fato da inclusão de glicerina bruta não ter afetado a concentração de ácidos graxos saturados como o mirístico e o palmítico que são apontados como prejudiciais à saúde, houve aumento significativo das concentrações do ácido oléico, e aumento das concentrações de ácidos graxos monoinsaturados que trazem benefícios à saúde, e menor relação n-6/n-3, concluindo-se que a glicerina bruta pode ser utilizada na alimentação bovina.

5- REFERÊNCIAS

1. St Angelo AJ. Lipid Oxidacion in foods. Crit Rev Food Sci Nutr. 1996;36(3):175-224.
2. Nishimura T. The role of intramuscular connective tissue in meat texture. *asj_696 Anim Sci J.* 2010;81(21):721-27.
3. De Smet S, Raes K, Demeyer D. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Anim. Res.* 53 (2004) 81–98.
4. Mendes GA, Rocha Júnior VR, Ruas JRM, Silva FV, Caldeira LA, Pereira MEG, Soares FDS, Pires DAA. Características de carcaça e qualidade da carne de novilhas alimentadas com silagem de capim-marandu. *Pesqui Agropecu Bras.* 2012; 47(12): 1774-81.
5. Chiaia HL, Peripoli E, Silva RMO, Aboujaoude C, Feitos FLB, Lemos MV, Berton MP, Olivieri BF, Espigolan R, Tonussi RL, Gordo DGM, Bresolin T, Magalhães AFB, Fernandes Júnior GA, Albuquerque LG, Oliveira HN, Furlan JM, Ferrinho AM, Mueller LF, Tonhati H, Pereira ASC, Baldi F. Genomic prediction for beef fatty acid profile in Nellore cattle. *Meat Sci.*2017; 128: 60-67.
6. Wyness L, Weichselbaum E, O'Connor A, Williamns EB, Benelam B, Riley H, Stanner S. Red meat in the diet: an update. *Nutr Bull.* 2011; 36: 34–77.
7. Riediger ND, Othman RA, Suh M, Moghadasian MH. Systemic Review of the Roles of n-3 Fatty Acids in Health and Disease. *J Am Diet Assoc.* 2009;109:668-79.
8. Alves SP, Francisco A, Costa M, Santos-Silva J, Bessa RJB. Biohydrogenation patterns in digestive contents and plasma of lambs fed increasing levels of a tanniferous bush (*Cistusladanifer L.*) and vegetable oils. *Anim Feed Sci Technol.* 2017;225: 157-72.
9. Huff-Lonergan E. Chemistry and Biochemistry of Meat. In Toldrá F, editor. *Handbook of meat processing* .Iowa: Blackwell Publishing, 2010. p.5-24.
10. Toral PG, Monahan FJ, Hervás G, Frutos P, Moloney AP. Review: Modulating ruminal lipid metabolism to improve the fatty acid composition of meat and milk. Challenges and opportunities. *Animal.* 2018:1-10. doi:10.1017/S1751731118001994
11. Doreau M, Bauchart D, Chilliard Y. Enhancing fatty acid composition of milk and meat through animal feeding. *Anim Prod Sci.* 2011; 51:19-29.
12. Alfaia CPM, Alves SP, Martins SIV, Costa ABH, Fontes CMGA, Lemos JP, Bessa RJB, Prates JAM. Effect of the feeding system on intramuscular fatty acids and conjugated linoleic acid isomers of beef cattle, with emphasis on their nutritional value and discriminatory ability. *Food Chem.* 2009;114:939-46.
13. Glasser F, Schmidely P, Sauviant D, Doreau M. Digestion of fatty acids in ruminants: a meta-analysis of flows and variation factors: 2. C18 fatty acids. *Animal.* 2008;2(5):691-704.

14. Lock AL, Harvatine KJ, Drackley JK, Beuman DE. Concepts in fat and fatty acid digestion in ruminants. Proc. Intermountain Nutr. Conf 2006. p.85-100.
15. Palmquist DL, Mattos WRS. Metabolismo de lipídios. In: Berchielli TT, Pires AV, Oliveira SG, editores. Nutrição de Ruminantes. 2^oed. Jaboticabal: Funep; 2011. p.299-322.
16. Allen MS. Effects of Diet on Short-Term Regulation of Feed Intake by Lactating Dairy Cattle. J Dairy Sci. 2000;83:1598-624.
17. Buccioni A, Decandib M, Minier S, Molle G, Cabiddu A. Lipid metabolism in the rumen: New insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. Anim Feed Sci Techno. 2012;174:1-25.
18. Aldai N, Renobales M, Barron LJR, Kramer JKG. What are the trans fatty acids issues in foods after discontinuation of industrially produced trans fats? Ruminant products, vegetable oils, and synthetic supplements. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2013;115:1378-401.
19. Jenkins TC, Wallace RJ, Moate PJ, Mosley E.E.; Board-invited Review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. J. Anim. Sci. 2008;86:397-412.
20. Bessa RJB, Alves SP, Santos-Silva J. Constraints and potentials for the nutritional modulation of the fatty acid composition of ruminant meat. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2015;117:1325-44.
21. Guerreiro O, Alves SP, Costa M, Cbo A, Duarte, Jerónimo E, Bessa RJB. Effects of extracts obtained from *Cistus ladanifer* L. on in vitro rumen biohydrogenation. Anim Feed Sci Techno. 2019;219:304-12.
22. Martin SA, Jenjins TC. Factors affecting conjugated linoleic acid and trans-C18:1 fatty acid production by mixed ruminal bacteria. J Anim Sci. 2002;80(12):3347-52.
23. Bauman, D. E., J. W. Perfield II, M. J. de Veth, and A. L. Lock. New perspectives on lipid digestion and metabolism in ruminants. Proc. Cornell Nutr. Conf.2003 p. 175-89.
24. Demeyer D, Doreau M. Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. Proc Nutr Soc. 1999; 58: 593-607.
25. Shingfield KJ, Bonnet M, Scollan ND. Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. Animal. 2013;7(1):132-62.
26. Wang Y, Jacome-Sosa M, Proctor AD. The role of ruminant trans fat as a potential nutraceutical in the prevention of cardiovascular disease. Food Res Int. 2012; 46 : 460-8.
27. Doreau M, Arturo-Schaan Laverroux S. Garlic oil reduces ruminal fatty acid biohydrogenation in vitro. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2017;119,1500388

28. Bessa RJB, Santos-Silva J, Ribeiro JMR, Portugal AV. Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. *Livest Prod Sci.* 2000;63(3):201-11. doi:10.1016/S0301-6226(99)00117-7
29. Kelley NS, Hubbard NE, Erickson KL. Conjugated Linoleic Acid Isomers and Cancer. *J. Nutr.* 2007;137:2599–2607.
30. Anderson BM, Ma DWL. Are all n-3 polyunsaturated fatty acids created equal? *Lipids Health Dis.* 2009;8:33.
31. Hartman L, Lago RCA. Rapid preparation of fatty acids methyl esters. *Lab Pract.* 1973; 22(6):475-6.
32. Alves SP, Bessa RJB. Comparison of two gas-liquid chromatograph columns for the analysis of fatty acids in ruminant meat. *J Chromatogr A.* 2009;1216: 5130–39. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chroma.2009.04.079>.
33. Alves S P, Bessa R J B. The trans-10,cis-15 18:2: A missing intermediate of trans-10 shifted rumen biohydrogenation pathway? *Lipids.* 2014; 49: 527–41. <http://dx.doi.org/10.1007/s11745-014-3897-4>.
34. Sukhija PS, Palmquist DL. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *J. Agric. Food Chem.* 1988;36 (6):1202-06.
35. Malau-Aduli AEO, Siebert BD, Bottema CDK, Pitchford WS. A comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. *Aust J Agric Res.* 1997;48(5):715-22.
36. Ulbricht TLV, Southgate DAT. Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet.* 1991;338: 985-92 .
37. R Development Core Team. *R: A language and environment for statistical computing.* R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2006.
38. Serra JL, Rodrigues AMC, Feritas RA, Meirelles AJA, Darnet SH, Silva LHM. Alternative sources of oils and fats from Amazonian plants: Fatty acids, methyl tocols, total carotenoids and chemical composition. *Food Res Int.* 2019;116:12-9.
39. Giakoumis EV. Analysis of 22 vegetable oils' physico-chemical properties and fatty acid composition on a statistical basis, and correlation with the degree of unsaturation. *Renew Energy.* 2018;126:403-19.
40. Miotto FRC, Restle, J, Neiva JNM, Resende, PLP, Lage, ME, Prado CS, Padua, JT, Araújo VL. Farelo de mesocarpo de babaçu (*Orbygnia* sp.) na terminação de bovinos: composição física da carcaça e qualidade da carne. *Ciênc Rural.* 2012;42(7):1271-77.
41. Bennet AJ, Billett MA, Salter AM, Mangiapane H, Bruce JS, Anderton KL, Marenah CB, Lawson N, White DA. Modulation of hepatic apolipoprotein B, 3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA reductase and low-density lipoprotein receptor mRNA and

- plasma lipoprotein concentrations by defined dietary fats Comparison of trimyristin, tripalmitin, tristearin and triolein. *Biochem. J.* 1995; 311:167-73.
42. Nicolosi RJ, Stucchi AF, Kowala MC, Hennessy LK, Hegsted DM, Schaefer EJ. Effect of dietary fat saturation and cholesterol on ldl composition and metabolism in vivo studies of receptor and nonreceptor-mediated catabolism of ldl in cebus monkeys. *Arteriosclerosis.* 1990;10(1):119-28.
 43. Kien CL, Bunn JY, Stevens R, Bain J, Ikayeva O, Crain K, Koves TR, Muoio DM. Dietary intake of palmitate and oleate has broad impact on systemic and tissue lipid profiles in humans. *Am J Clin Nutr.* 2014;99:436-45.
 44. Keys A, Anderson JT, Grande F. Serum Cholesterol Response to Changes in the Diet. IV. Particular Saturated Fatty Acids in the Diet. *Metabolism.* 1965;14(7): 776-87.
 45. Eiras CE, Marques JA, Prado RM, Valero MV, Bonafé EG, Zawadzki F. Glycerine levels in the diets of crossbred bulls finished in feedlot: Carcass characteristics and meat quality. *Meat Sci.* 2014;96:930-6.
 46. Egea M, Linares MB, Garrido MD, Villodre C, Madrid J, Orengo J, Martínez S, Hernández F. Crude glycerine inclusion in Limousin bull diets: Animal performance, carcass characteristics and meat quality. *Meat Sci.* 2014;98:673-8.
 47. Castagnino PS, Fiorentini G, Dall'Antonia EE, San Vito E, Messina J, Torrecilha JA, Sobrinho AGS, Berchielli TT. Fatty acid profile and carcass traits of feedlot Nellore cattle fed crude glycerol and virginiamycin. *Meat Sci.* 2018;140: 51-58.
 48. Lage JF, Berchielli TT, San Vito E, Silva RA, Ribeiro AF, Reis RA. Fatty acid profile, carcass and meat quality traits of young Nellore bulls fed crude glycerol replacing energy sources in the concentrate. *Meat Sci.* 2014;96:1158-64.
 49. Smith SB, Lunt DK, Chung KY, Choi CB, Tume RK, Zembayashi M. Adiposity, fatty acid composition, and delta-9 desaturase activity during growth in beef cattle. *Animal Sci. J.* 2006;77:478-86.
 50. Vlaeminck B, Fievez V, Tamminga S, Dewhurst RJ, van Vuuren A, De Brabander Demeyer D. Milk Odd- and Branched-Chain Fatty Acids in Relation to the Rumen Fermentation Pattern. *J Dairy Sci.* 2006;89:3954-64.
 51. Ran-Ressler RR, Bae SE, Lawrence P, Wang DH, Brenna JT. Branched-chain fatty acid content of foods and estimated intake in the USA. *Br J Nutr.* 2014;112:565-72.
 52. Bainbridge ML, Cersosimo LM, Wright ADG, Kraft J. Content and composition of branched-chain fatty acids in bovine milk are affected by lactation stage and breed of dairy cow. *PLoS One.* 2016;11(3):e0150386. doi:10.1371/journal.pone.0150386.
 53. Vlaeminck B, Fievez V, Cabrita ARJ, Fonseca AJM, Dewhurst RJ. Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: A review. *Anim Feed Sci Technol.* 2006;131:389-417.

54. Favaro VR, Ezequiel JMB, Almeida MTC, D'Aurea AP, Paschoaloto JR, van Cleef EHCB, Carvalho VB, Junqueira. Carcass traits and meat quality of Nellore cattle fed different non-fiber carbohydrates sources associated with crude glycerin. *Animal*. 2016;10(8):1402-08.
55. Krueger NA, Anderson RC, Tedeschi LO, Callaway TR, Edrington TS, Nisbet DJ. Evaluation of feeding glycerol on free-fatty acid production and fermentation kinetics of mixed ruminal microbes in vitro. *Bioresour Technol*. 2010;101(21):8469-72.
56. Edwards HD, Anderson RC, Miller RK, Taylor TM, Hardin MD, Smith SB, Krueger NA, Nisbet DJ. Glycerol inhibition of ruminal lipolysis in vitro. *J Dairy Sci*. 2012;95:5176-8.1
57. Carvalho JRR, Chizzotti ML, Ramos EM, Machado Neto OR, Lanna DPD, Lopes LS. Qualitative characteristics of meat from young bulls fed different levels of crude glycerin. *Meat Sci*. 2014;96:977-83.
58. Bessa RJB, Portugal PV, Mendes IA, Santos-Silva J. Effect of lipid supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs fed dehydrated lucerne or concentrate. *Livest Prod Sci*. 2005;96:185-94. doi:10.1016/j.livprodsci.2005.01.017
59. El-Norb SA, AbuGhazaleha AA, Potua RB, Hastings D, Khattabb MSA. Effects of differing levels of glycerol on rumen fermentation and bacteria. *Anim Feed Sci Technol*. 2010;162:99-105.
60. Maia MRG, Chaudhary ELC, Figueres EL, Wallace ERJ. Metabolism of polyunsaturated fatty acids and their toxicity to the microflora of the rumen. *Antonie van Leeuwenhoek*. 2007;91:303-14. doi 10.1007/s10482-006-9118-2
61. Berthelot V, Schmidely BP, Ponter CD. Effect of dietary propionate on intake patterns and fatty acid composition of adipose tissues in lambs. *Small Rumin Res*. 2001;40:29-39.
62. Castagnino PS, MessanaFD, Fiorentini G, Jesus, RB, San Vito E, Carvalho IPC, Berchielli TT. Glycerol combined with oils did not limit biohydrogenation of unsaturated fatty acids but reduced methane production in vitro. *Anim.Feed Sci. Technol*. 2015;201:14-24.
63. Joris PJ, Mensink RP. Role of *cis*-Monounsaturated Fatty Acids in the Prevention of Coronary Heart Disease. *Curr Atheroscler Rep*. 2016;18(7):38. doi: 10.1007/s11883-016-0597-y
64. Laverroux S, Glasser F, Gillet M, Joly C, Doreau M. Isomerization of vaccenic acid to *cis* and *trans* c18:1 isomers during biohydrogenation by rumen microbes. *Lipids*. 2011;46:843-850. doi 10.1007/s11745-011-3584-7
65. Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci*. 2008; 78:343-58.

66. Hooper L, Martin N, Davey Smith G. Reduction in saturated fat intake for cardiovascular disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;10(6):CD011737.
67. Fonteles NLO, Alves SP, Madruga MS, Queiroga RRE, Andrade AP, Silva DS, Leal AP, Bessa RJB, Medeiros AN. Fatty acid composition of polar and neutral meat lipids of goats browsing in native pasture of Brazilian Semiarid. *Meat Sci.* 2018;139:149-56.
68. Schmid A, Collomb M, Sieber R, Bee G. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. *Meat Sci.* 2006;73:29-41.
69. Mozaffarian D, Katan MB, Ascherio A, Stampfer MJ, Willett WC. Trans Fatty Acids and Cardiovascular Disease. *N Engl J Med.* 2006;354(15):1601-13.
70. Koba K, Yanagita T. Health benefits of conjugated linoleic acid (CLA). *Obes Res Clin Pract.* 2014;8:525-32.
71. Whigham LD, Shea MO, Mohede ICM, Walaski HP, Atkinson RL. Safety profile of conjugated linoleic acid in a 12-month trial in obese humans. *Food Chem Toxicol.* 2004;42:1701-9.
72. Chen SC, Lin YH, Huang HP, Hsu WL, Houg JY, Huang CK. Effect of conjugated linoleic acid supplementation on weight loss and body fat composition in a Chinese population. *Nutrition.* 2012;28:559-65.
73. Gebauer SK, Chardigny JM, Jakobsen MU, Lamarche B, Lock AL, Proctor SD, Baer DJ. Effects of Ruminant trans Fatty Acids on Cardiovascular Disease and Cancer: A Comprehensive Review of Epidemiological, Clinical, and Mechanistic Studies. *Adv Nutr.* 2011;2:332-54.
74. Park WJ, Kothapalli KSD, Lawrence P, Tyburczy C, Brenna T. An alternate pathway to long-chain polyunsaturates: the FADS2 gene product D8-desaturates 20:2n-6 and 20:3n-3. *J Lipid Res.* 2009;50:1195-202.
75. San Vito E, Lage JF, Ribeiro AF, Silva, Berchielli TT. Fatty acid profile, carcass and quality traits of meat from Nellore young bulls on pasture supplemented with crude glycerin. *Meat Sci.* 2015;100:17-23.
76. Fiorentini G, Lage JF, Carvalho IPC, Messana JD, Canesin RC, Reis RA, Berchielli TT. Lipid Sources with Different Fatty Acid Profile Alters the Fatty Acid Profile and Quality of Beef from Confined Nellore Steers. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 2015;28(7):976-86.
77. Smith RD, Kelly CNM, Fielding BA, Hauton D, Silva KDRR, Nydahl MC, Miller GJ, Williams CM. Long-term monounsaturated fatty acid diets reduce platelet aggregation in healthy young subjects. *Br J Nutr.* 2003; 90:597-606.
78. Gillingham LG, Harris-Janz S, Jones PJH. Dietary Monounsaturated Fatty Acids Are Protective Against Metabolic Syndrome and Cardiovascular Disease Risk Factors. *Lipids.* 2011;46:209-28.

79. Connor WE, Importance of n3 fatty acids in health and disease. *Am J Clin Nutr.* 2000;71(suppl):171-5.
80. Abedi E, Sahari MA. Long-chain polyunsaturated fatty acid sources and evaluation of their nutritional and functional properties. *Food Sci Nutr.* 2014;2(5):443–63.
81. Martin CA, Almeida VV, Ruiz MR, Visentainer JEL, Matshushita M, Souza NE, Visentainer JV. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. *Rev Nutr.* 2006;19(6):761-70.
82. Wood JD, Richardson RI, Nute GR, Fisher AV, Campo MM, Kasapidou E, Sheard PR, Enser M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Sci.* 2003;66:21-32.
83. Zachut M, Dekel I, Leher H, Arieli A, Arav A, Livshitz L, Yakob S, Moalles U. Effects of dietary fats differing in n-6:n-3 ratio fed to high-yielding dairy cows on fatty acid composition of ovarian compartments, follicular status, and oocyte quality. *J Dairy Sci.* 2009;93:529-45.
84. Pilarczyk R, Wójcik J. Fatty acids profile and health lipid indices in the longissimus lumborum muscle of different beef cattle breeds reared under intensive production systems. *Acta Sci Pol Zootechnica.* 2015;14(1):109-26.

CAPÍTULO 4- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o crescimento da pecuária nacional, encontrar fontes alimentares alternativas é uma ótima saída para manter ou reduzir os custos de produção e permanecer competitivo no mercado, observando sempre os efeitos que este alimento pode ter nos animais e no produto final.

A glicerina bruta é uma fonte energética interessante para ruminantes pois não alterou a maioria das variáveis de qualidade da carne, com alteração benéfica da quantidade de vitamina E. A glicerina bruta não aumentou as concentrações dos ácidos graxos colesterolêmicos e melhorou a relação n-6/n-3, sendo um fator importante associado à saúde.

O preço da glicerina bruta é bastante instável e pode variar ao longo do ano, devido a fatores de mercado. Por isso é importante observar o cenário e a disponibilidade de glicerina bruta para avaliar sua utilização na alimentação bovina.

Mais pesquisas na área de nutrição animal com subprodutos da agroindústria são necessárias para elucidar o comportamento dos subprodutos no rúmen, sobre possíveis alterações dos micro-organismos e os efeitos destas mudanças na qualidade da carne produzida.

Muitos fatores estão envolvidos nas variações do perfil de ácidos graxos na carne, por isso deve-se levar em consideração quais fatores podem ser alterados com a inclusão de glicerina bruta na ração, alterações na fermentação, na biohidrogenação e conseqüentemente nos produtos da fermentação, por isso estudos aprofundados que acompanhem essas modificações se fazem necessários.