

IVANNA MORAES DE OLIVEIRA

**GLICERINA BRUTA NA DIETA DE BOVINOS NELORE E F₁ RED ANGUS X NELORE:
DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E AVALIAÇÃO QUALITATIVA DE
NOVE MÚSCULOS, MATURADOS OU NÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para a obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

O48g
2013

Oliveira, Ivanna Moraes de, 1984-

Glicerina bruta na dieta de bovinos Nelore e F₁ Red Angus x
Nelore: desempenho, características de carcaça e avaliação
qualitativa de nove músculos, maturados ou não / Ivanna
Moraes de Oliveira. – Viçosa, MG, 2013.
xii, 111f. : il. ; 29cm.

Orientador: Pedro Veiga Rodrigues Paulino
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Bovino - Nutrição. 2. Nelore (Zebu). 3. Músculos.
4. Carne - Qualidade. 5. Genética. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.2085

IVANNA MORAES DE OLIVEIRA

**GLICERINA BRUTA NA DIETA DE BOVINOS NELORE E F₁ RED ANGUS X NELORE:
DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E AVALIAÇÃO QUALITATIVA DE
NOVE MÚSCULOS, MATURADOS OU NÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para a obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 18 de março de 2013.

Sebastião de Campos Valadares Filho
(Coorientador)

Marcos Inácio Marcondes
(Coorientador)

Mario Luiz Chizzotti

Eduardo Mendes Ramos

Pedro Veiga Rodrigues Paulino
(Orientador)

"Andar para frente pode ser um equívoco. Aforismo de Eliot: "Numa terra de fugitivos, aquele que anda na direção contrária parece estar fugindo." Por vezes andar para frente é ficar cada vez mais longe. Os adultos andam para frente. Os poetas parecem andar para trás. Os adultos dizem que eles estão fugindo. Mas não. Como os salmões, que deixam o mar e voltam às nascentes de águas cristalinas onde nasceram os poetas desejam voltar às suas origens. É lá que mora a verdade que os adultos esqueceram. Fogem da loucura da vida adulta. Buscam reencontrar a simplicidade da infância. Acho que é isso que Eliot queria dizer quando escreveu: e, ao final de nossa longa exploração, chegaremos finalmente ao lugar de onde partimos e o conheceremos então pela primeira vez".

(Trecho do capítulo "Deus menino" do livro "O amor que acende a lua" de Rubem Alves)

Tudo Passa

Chico Xavier costumava ter em cima de sua cama uma placa escrita: ISSO TAMBÉM PASSA! Então perguntaram a ele o porquê disso... Ele disse que era para que quando estivesse passando por momentos ruins, se lembrar de que eles iriam embora, que iriam passar, e que ele estava vivendo isso por algum motivo. Mas essa placa também era para lembrá-lo de que quando estivesse muito feliz, não deveria deixar tudo para trás e se deixar levar, porque esses momentos também iriam passar e momentos difíceis viriam novamente. É exatamente disso que a vida é feita, momentos. Momentos que TEMOS que passar, sendo bons ou não, para o nosso próprio aprendizado.

Nunca se esquecendo do mais importante:

NADA NESSA VIDA É POR ACASO.

Absolutamente nada. Por isso temos que nos preocupar em fazer a nossa parte, da melhor forma possível. A vida nem sempre segue o nosso querer, Mas ela. É perfeita naquilo que tem que ser!

(Chico Xavier)

À minha mãe, pelo exemplo e sonhos em mim vividos, por acreditar e me amar. Pelos ensinamentos, pelos erros e acertos em minha educação, fazendo de mim, quem sou...

Ao meu pai, por, ao seu modo, me educar e acreditar em minhas conquistas, sendo meu maior fã. Por me amar e ser capaz de fazer das minhas pequenas conquistas, grandes feitos...

Aos meus irmãos, Arthur e Bianca, pela amizade, pelas “brigas” e amor incondicional. Pela necessidade, constante, de ser sempre alguém melhor, na condição de irmã mais velha e “espelho”.

Ao Vovô Eny, Vovó Nenês, Vovô Geraldo e Vovó Naná pelos exemplos de vida e trabalho, pela linda infância proporcionada, por acreditarem em mim e me amar, sempre...

Aos meus tios Iran, Isac, Iuri e tias Nanci, Isa, Iara, Rose e toda minha família, por acreditarem em mim, pelo apoio e felicidade sempre constante em minhas conquistas.

Aos meus amigos Isabela, Victor, João Paulo, Heloísa, pelo apoio nas horas mais difíceis, em que se quer desistir... Pela capacidade de me encorajar, pelos momentos de alegria, simplesmente, pela amizade...

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus. Por sua presença constante, pela inspiração, por esse sentimento maior, por acolher-me nas horas mais difíceis e me proporcionar momentos em que se crê que tudo é passageiro e nada é por acaso... *“Tudo passa... Menos Deus...”*.

Aos meus pais, Ivan e Annabel, meu porto seguro, por definitivamente TUDO...

Aos meus irmãos, Arthur e Bianca, pela presença constante, mesmo que muitas vezes em pensamento, pela torcida declarada por tudo que faço e pela certeza de que estaremos aqui, uns para os outros...

Aos meus avôs pelo exemplo de vida, as minhas avós por grande parte da minha ligação com Deus e amor, aos meus tios pela torcida, aos primos por serem minha família...

Ao Prof. Pedro Veiga Rodrigues Paulino pela orientação, amizade, grande contribuição na minha vida profissional, por acreditar em mim...

À Universidade Federal de Viçosa, em especial o Departamento de Zootecnia, por desenvolver o ensino da Zootecnia no país, formando profissionais capazes de produzir alimento para o mundo, pelos 10 anos de acolhimento...

À FAPEMIG, CNPq e INCT pelo financiamento do projeto de pesquisa e a CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À empresa Granol pela doação da glicerina bruta utilizada neste trabalho.

Ao Prof. Dilermando Miranda da Fonseca e demais companheiros da Forragem, Dawson, Cláudio Manoel, Luíza, Janaína, Daniel e Manoel pela minha primeira relação direta com a pesquisa, concedendo uma bolsa de iniciação científica.

Ao Prof. Mário Fonseca Paulino, pelo exemplo de profissionalismo e dedicação.

Ao Prof. Sebastião de Campos Valadares Filho, pelos valiosos aconselhamentos, por acreditar em minhas capacidades, por estar sempre disposto a ajudar da maneira que fosse possível e pelo exemplo de profissional.

Ao Prof. Eduardo Mendes Ramos por ter aceitado participar da minha banca de defesa e sugestões valiosas para conclusão deste trabalho.

Ao Prof. Edenio Detmann pelas sugestões e críticas, pelo apoio, excelentes aulas e exemplo como profissional.

Ao Prof. e amigo Marcos Inácio Marcondes, por ter sido um grande amigo durante a graduação, por termos partilhado o experimento de mestrado com ótima convivência e por ter participado da minha banca de doutorado, com sugestões valiosas para minha tese.

À Prof. Maria Ignez Leão pela amizade, companheirismo, pela fistulação dos animais, pela atenção, carinho e companhia nos bons momentos da vida.

Aos demais professores da Universidade Federal de Viçosa, pela contribuição indispensável à minha formação acadêmica, desde 2003.

Ao Nicola, pela amizade e pelas contribuições estatísticas.

Ao Marcelo Cardoso, Zezé, Seu Jorge e ao Natanael, “Pum”, pela ajuda indispensável durante a realização dos experimentos, pelo agradável convívio e alegria.

Ao Joelcio (Jojô), que além da incansável presteza, atenção e inovações, tornou-se um amigo querido.

Aos funcionários Nuvanor e Divino pela ajuda durante o abate dos animais e pelos momentos de descontração durante os mesmos.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFV, Fernando, Monteiro, Wellington, Vera, Valdir, Mário (Solano), pelo auxílio em situações chave e pelo agradável convívio. Em especial, ao Wellington e Monteiro, pela convivência e amizade. Sem eles, grande parte desse trabalho não teria sido possível.

Aos funcionários administrativos do DZO/UFV, especialmente, Fernanda, Adilson, Celeste, Márcia, Raimundo, Rosana, Venâncio, Cleone, por estarem sempre aptos a ajudar no que for preciso e pela amizade.

Aos estagiários e bolsistas de iniciação científica, Luiz, Cesinha, João Paulo, Priscila, Henrique Guella, Rogério Sushi, Carol Guerra, Natália, Jéssika, João Victor, Shina (Renato), Léo, Taiane, Lyvian, Jack entre outros, pelo comprometimento, grande auxílio na condução experimental, pela amizade e agradável convivência, e a tantos outros, que o nome agora foge a memória, mas que foram cruciais para que este trabalho fosse concluído.

Aos amigos Sete Horas, Marcelo Grossi, Diego Zanetti e Jarbas que muito ajudaram, socorrendo, inclusive, nos momentos em que parecia que nada daria certo.

Ao João Paulo pelos anos de graduação, mestrado e doutorado, pelo aprendizado em todos os dias em que trabalhamos, aprendemos, ensinamos, discutimos, realizamos, brincamos, brigamos, divertimos e desenvolvermos nossos projetos em conjunto. Nos momentos mais felizes e mais difíceis. Por termos arriscado nossa amizade e por termos conseguido passar por isso...

Aos grandes amigos Analívia, Isis, Mozart, Vivi e Rafa de quem tenho enorme orgulho de ter a amizade, por ter compartilhado a vida acadêmica, pela solidificação da mesma, preocupação, atenção e possibilidade de prolongar nosso agradável convívio durante toda a vida.

Às amigas Gabi Kishi e Camys por ter feito de Viçosa um lugar suportável de viver nos últimos tempos, por comemorar minhas conquistas, pelo uso do figado em conjunto...

Aos meus amigos Marcio, Mateus, Simone Frotas, Emílio, Gustavo, Tadeu, Camila, Bernardo, Nizio, Luiz, Pedrão, Fabiana Lana, Daiany, Karina Zorzi, Maykel, Jucilene, Marlos, Indira, Bruna, Carol, Kássia, Livinha, Ériton, Nelcino, Poliana e tantos outros que fazem parte da minha vida, sendo muito especiais.

A Isabela, minha irmã, minha amiga. Pelos momentos vividos, pelas lembranças, por acreditar em mim e no meu trabalho. Por me escutar, e me fazer persistir... Pelos nossos sonhos compartilhados e realizados. Por você fazer parte da minha vida.

Ao Victor, meu amigo e afilhado, pela capacidade de ser tão sincero, se preocupar tanto comigo e me escutar, pelos conselhos sempre bem vindos e por acreditar em mim. Por toda ajuda, em todos os momentos em que precisei. Pela amizade construída e solidificada durante todos esses anos.

A Helô (Gordinha), minha amiga e afilhada, por ser especial e pela bela amizade construída, por horas de conversa no skype para descansar, pelas palavras muito bem colocadas e ajuda em momentos difíceis.

A Renata pelas horas dispendidas tirando fotos das fibras...

Ao Márcio pelas colocações e momentos de discussão científica...

Aos companheiros de orientação e de LPV Márcio, Simone, Rafael, João Paulo, Lyvian, Luiz, Taiane, Jack, Juliana (Juju) pela amizade e companheirismo, por tornarem os dias de trabalho e os momentos de descanso mais animados e felizes.

As minhas amigas Luciana, Mirelle, Marcela, Fernanda e Otávia que mesmo longe sempre me deram apoio e sempre ficam felizes pelas minhas vitórias.

Muito obrigada a todos que contribuíram para realização desse trabalho, é um pouco de cada um, e pelas pessoas que passaram por mim em Viçosa, para fazer desse sonho uma realidade, o meu MUITO OBRIGADO! Vocês serão lembrados com respeito carinho e saudade. “Queria poder agradecer mais, a pessoas que me fizeram melhor, ou me carregaram em momentos que sem elas eu não teria conseguido.”

Uma coisa importante na ciência não é apenas obter novos fatos, mas descobrir novas formas de pensar sobre eles. (Sir William Bragg)

Existem de fato duas coisas: ciência e opinião, a primeira forma conhecimento, a segunda a ignorância. (Hipocrates)

BIOGRAFIA

Ivanna Moraes de Oliveira, filha de Ivan Batista de Oliveira e Annabel Maria Moraes de Oliveira, nasceu em Nova Era, Minas Gerais, em 07 de janeiro de 1984.

Em agosto de 2007, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

Em setembro de 2007 ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, sendo bolsista da CAPES. Submeteu-se à defesa de dissertação no dia 16 de fevereiro de 2009.

Em março de 2009 ingressou no curso de Doutorado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, sendo bolsista da CAPES. Entre setembro de 2011 e fevereiro de 2012 realizou o Doutorado Sanduíche, pelo Convênio CAPES-Fundação Carolina, na Universidad de Zaragoza, Espanha. Submeteu-se à defesa de tese no dia 18 de março de 2013.

ÍNDICE

RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO GERAL	1
LITERATURA CITADA	19
ARTIGO I	31
Consumo, Desempenho e Características de Carcaça de Bovinos Nelore e F1 Red Angus x Nelore Alimentados com Glicerina Bruta.....	31
1. Introdução	32
2. Material e Métodos	33
3. Resultados	36
4. Discussão	37
5. Conclusão.....	44
6. Referências.....	45
7. Tabelas	50
ARTIGO II.....	53
Características Qualitativas da Carne de Animais Nelore e F ₁ Red Angus x Nelore Alimentados com Glicerina Bruta	53
1. Introdução	54
2. Material e Métodos	55
3. Resultados	60
4. Discussão	61
5. Conclusão.....	67
6. Referências.....	67
7. Tabelas	73
ARTIGO III	76
Características qualitativas de nove músculos, não maturados e maturados, de bovinos Nelore e F1 Angus x Nelore alimentados com glicerina bruta.....	76
1. Introdução	77
2. Material e Métodos	78
3. Resultados	83
4. Discussão	88
5. Conclusão.....	98
6. Referências.....	98
7. Tabelas e Figuras	106

RESUMO

OLIVEIRA, Ivanna Moraes de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2013. **Glicerina bruta na dieta de bovinos Nelore e F₁ Red Angus x Nelore: desempenho, características de carcaça e avaliação qualitativa de nove músculos, maturados ou não.** Orientador: Pedro Veiga Rodrigues Paulino. Coorientadores: Sebastião de Campos Valadares Filho e Marcos Inácio Marcondes.

O presente trabalho foi dividido em três artigos, avaliando-se a influência de grupo genético (Nelore ou Red Angus x Nelore) e glicerina bruta (5% ou 15% de substituição do milho na base da matéria seca). No primeiro avaliou-se consumo, desempenho e características de carcaça (escrito no padrão da *Livestock Science*); no segundo, características qualitativas do músculo *Longissimus dorsi*, e no terceiro avaliou-se as características qualitativas de nove músculos, maturados, por sete dias a 4°C, ou não (Ambos escritos no padrão da *Meat Science*). Animais cruzados apresentaram maior consumo (P=0.0339) e mesma digestibilidade (P=0.1829) em relação aos animais NE. O consumo (P=0.1344) e digestibilidade (P=0.7239) da fibra em detergente neutro não foram afetados pelo grupo genético. Exceto pela digestibilidade do EE (P=0.0300), maior em animais alimentados com 15%GB, o consumo (P=0.0769) e digestibilidade (P=0.2973) não foram afetados pela dieta. Animais NA tiveram maior ganho médio diário (GMD; P=0.0012) e peso corporal final (PCF; P=0.0012). O GMD (P=0.0294) foi maior em animais alimentados com %5GB e houve tendência de maior PCF (P=0.0654) nestes animais. O peso de carcaça fria, comprimento de carcaça e área de olho de lombo foi maior em animais NA (P=0.0249), enquanto espessura de gordura subcutânea e rendimento de carcaça fria não foram afetados pelo grupo genético (P=0.5292). O rendimento de carcaça fria foi maior em animais alimentados com 15%GB (P=0.0450). O rendimento de cortes não diferiu entre dietas (P=0.2426) e entre grupos genéticos (P=0.0754). A concentração de glicose sanguínea foi maior em animais NE (P=0.0097) e não foi influenciada pela dieta (P=0.9573). Não foram influenciados pelo grupo genético (P=0.0908) e teor de glicerina bruta (P=0.0733): insulina sérica, pH final, temperatura final, frequência de fibras musculares e área de fibras tipo IIB, medidas objetivas de cor, força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar, perdas de exsudados, bem como teor de extrato etéreo, cinzas e água. A área das fibras tipo I não diferiu entre grupos genéticos (P=0.0521) e foi maior no músculo de animais alimentados com 15%GB (P=0.0244). A área das fibras tipo IIA foi maior no *L. dorsi* de animais NA (P=0.0002) e de animais alimentados com 15%GB

($P=0.0068$). A solubilidade de colágeno foi maior na carne de animais NA ($P<0.0001$), não havendo efeito de dieta para esta variável ($P=0.1146$). Houve interação entre grupo genético e dieta na quantidade de colágeno total ($P=0.0002$) da carne. O teor de proteína foi maior na carne de animais alimentados com 15%GB ($P=0.0468$) e não foi influenciado pelo grupo genético ($P=0.2197$). A maturação não afetou o índice de fragmentação miofibrilar da picanha e maminha, reduziu a perda por cocção no contra filé e a perda total no contra filé, alcatra, lagarto e patinho. A picanha, filé mignon e maminha apresentaram maior teor de gordura intramuscular em relação aos demais músculos. De forma geral, independente do grupo genético, maiores teores de colágeno total foram observados no músculo patinho e menores no filé mignon; enquanto maior solubilidade do colágeno foi observada na alcatra, contra filé e filé mignon e menor no coxão duro, lagarto, patinho. O filé mignon apresentou maior frequência de fibras tipo I e o patinho maior frequência de fibra tipo IIA, enquanto o filé mignon e picanha apresentaram menor frequência de fibras IIB. Conclui-se que animais cruzados apresentam melhor desempenho que animais puros, e a utilização da glicerina bruta em substituição ao milho na base da matéria seca total em 15% reduz o ganho de peso. A inclusão de glicerina bruta na dieta não afeta a qualidade da carne, bem como é possível produzir carne com características qualitativas desejáveis a partir de animais F_1 Red Angus x Nelore e Nelore. A eficiência da maturação é músculo-dependente, reduzindo a força de cisalhamento da picanha, maminha, lagarto e coxão mole, não alterando do filé mignon, contra filé e alcatra, e, enquanto, por sete dias, não melhora suficientemente a força de cisalhamento do coxão duro e patinho. Os teores de colágeno total e sua solubilidade parecem ser o principal determinante de diferenças na textura entre diferentes músculos. A glicerina bruta parece promover hipertrofia diferencial das fibras musculares no contra filé.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Ivanna Moraes de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2013. **Crude Glycerin in the diet of Nellore and F₁ Red Angus x Nellore: performance, carcass traits and evaluation of postmortem aging effects on nine muscles.** Advisor: Pedro Veiga Rodrigues Paulino. Co-advisors: Sebastião de Campos Valadares Filho and Marcos Inácio Marcondes.

This thesis consists of three papers, evaluating the influence of genetic group (Nellore or Red Angus x Nellore) and crude glycerin (5% or 15% crude glycerin replacing corn, on total dry matter basis). In the first we evaluated intake, performance and carcass traits (writing the standard of Livestock Science); in the second we evaluated the influence of genetic group (Nellore or F₁ Red Angus x Nellore) and crude glycerin in qualitative characteristics of muscle *L. dorsi* and in the third evaluated the influence of breed and crude glycerin in qualitative characteristics of nine muscles, not aged and aged for seven days (writing the standard of Meat Science). Crossbreds had higher intake (P=0.0339) and digestibility (P=0.1829) compared to the NE. The intake (P=0.1344) and digestibility (P=0.7239) of neutral detergent fiber were not affected by genetic group. Except for digestibility of EE, greater in animals fed with 15% GB, intake (P=0.0769) and digestibility (P=0.2973) were not affected by diet. NA animals had greater average daily gain (ADG; P=0.0012) and final body weight (FBW; P=0.0012). The ADG (P=0.0294) was higher in animals fed with 5GB% and there was a trend towards greater FBW (P=0.0654) in these animals. The cold carcass weight, carcass length and ribeye area was greater in the NA (P=0.0249), while subcutaneous fat thickness and cold carcass yield were not affected by genetic group (P=0.5292). The cold carcass yield was greater in animals fed with 15% GB (P=0.0450). The cuts yield did not differ between diets (P=0.2426) and between genetic groups (P=0.0754). The blood glucose concentration was higher in NE animals (P=0.0097) and was not influenced by diet (P=0.9573). Were not affected by group genetic (P=0.0908) and content of crude glycerin (P=0.0733): serum insulin, ultimate pH and temperature, frequency of muscle fibers and area type IIB fibers, objective measurements of color, Warner-Bratzler shear force, myofibrillar fragmentation index, thawing loss, dripping loss, evaporation loss, cooking loss, total loss, ether extract content, ash content and water content. The area of type I muscle fibers did not differ between genetic groups (P=0.0521) and was higher in animals fed with 15%GB (P=0.0733). The area of type IIA fibers was higher in *L. dorsi* of NA animals (P=0.0002) and animals fed with

15%GB (P=0.0068). The collagen solubility was higher in meat from NA animals (P<0.0001) and no diet effect for this variable was observed (P=0.1146). There was an interaction between genetic and diet on the amount of total collagen (P=0.0002) of meat. The protein content (GG P=0.2197; CG P=0.0468) was higher in meat from animals fed with 15%GB (P=0.0468) and was not influenced by genetic group (P=0.2197). For every muscle aging decreased WBSF, did not affect L^* value, a^* value and b^* value increased. The aging did not affect MFI from muscles BFD and TFL, reduced the cooking loss in LD muscle and total loss in muscles LD, GM, SM and VL. The muscles BFD, PM and TFL had higher content of intramuscular fat. In general, regardless of genetic group, higher levels of CT were observed in muscle VL and lower in muscle PM; while higher CS was observed in the muscles GM, PM, LD and lower in the muscles BF, ST and VL. Similarly, the PM muscle showed higher frequency of type I fibers, the VL muscle higher frequency of fiber type IIA, while PM and BFD showed lower frequency of IIB fibers. Crossbred animals exhibit better performance than Nellore and crude glycerin replacing corn on total dry matter basis by 15% reduces weight gain. The inclusion of crude glycerin in the diet did not affect the quality of *L. dorsi* and meat can be produced with desirable quality characteristics from animals F₁ Red Angus x Nellore and Nellore. The efficiency of aged is dependent muscles, improving the texture of *Biceps Femoris* (Dorsal), of *Tensor Fascia latae*, *Semitendinosus* and *Semimembranosus*. Muscles *Psoas major*, *Gluteus Medius* and *Longissimus dorsi* need not go through the aged, while for seven days, not improve sufficiently the texture of the *Biceps femoris* and *Vastus lateralis*. The total collagen content and collagen solubility seems to be the main determinant of differences in texture between different muscles. The crude glycerin seems to promote differential hypertrophy of muscle fibers in the *Longissimus dorsi* muscle.

INTRODUÇÃO GERAL

A pecuária de corte está em constante desafio, mais intensificado nos últimos anos, devido à crescente necessidade por aumento na produtividade, juntamente com maior exigência de consumidores por qualidade sanitária e sensorial da carne. Dessa forma, há um esforço, entre vários segmentos da indústria da carne, para aumentar a produtividade e qualidade do produto final, ambos aliados ao maior retorno econômico.

Contudo, ainda existe falta de ligação e entendimento entre os elos da cadeia; frigoríficos exigem animais adequados para atender seus compradores, relutam diante do pagamento de bonificações e pagam valores baixos pela arroba do boi; enquanto mercados internacionais exigem cada vez mais qualidade sanitária e sensorial do produto final.

Adicionalmente, a carne bovina brasileira ainda é vista como produto de valor relativamente baixo, como *commodity*, quando comparada às carnes americana e australiana, por exemplo, que recebem maiores cotações internacionais. Diante desse cenário, produtores necessitam adequar a sua produção às exigências do mercado e intensificar, bem como se modernizar para se manterem competitivos. Deste modo, apesar da situação promissora, a pecuária brasileira possui índices produtivos e econômicos não condizentes com a ideia de “pecuária desenvolvida”.

Sendo assim, no contexto atual, a intensificação da produção passa a ser encarada como forma de possibilitar aumento de produtividade, a fim de conferir maior competitividade e lucratividade aos sistemas de produção. Este incremento de produtividade, geralmente mensurado, como a quantidade de carne produzida por unidade de área, é atingido quando tecnologias nas áreas de nutrição, genética e sanidade passam a ser adotadas, desde que sejam economicamente vantajosas. Posto isso, tem-se visado estudar alternativas de produção comparadas com as ditas tradicionais.

Por conseguinte, o setor produtivo nacional deve implementar tecnologias que propiciem obtenção de animais jovens, com características raciais que facilitem a produção de carne de qualidade. Assim, a manipulação da dieta e o uso de cruzamento industrial representam tecnologias disponíveis e capazes de incrementar os níveis de produtividade e rentabilidade da atividade, propiciando animais de qualidade superior, com carcaças e carne com características favoráveis a comercialização (Pacheco et al., 2005).

GLICERINA BRUTA

A preocupação com o meio ambiente e recursos renováveis torna a utilização do biodiesel, combustível biodegradável, interessante e países como o Brasil estão tomando frente na busca pelo domínio tecnológico. Este combustível é produzido a partir de óleo vegetal ou gordura animal (Ma & Hanna, 1999), através de reações de transesterificação; e como um dos subprodutos dessa reação há produção de glicerina bruta (Donkin, 2008).

O biodiesel foi inserido na matriz energética brasileira a partir da criação de seu marco regulatório em 2005, em que se previa a autorização da adição de 2 % deste combustível ao óleo diesel de origem fóssil, e desde 1º de janeiro de 2010, o óleo diesel comercializado em todo o Brasil contém 5 % de biodiesel, de acordo com Resolução nº 6/2009 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE).

Considerando-se essa produção de biodiesel, a indústria de cosméticos, maior consumidora de glicerina atualmente, é incapaz de absorver toda a disponibilidade do produto. Ademais, no caso da glicerina bruta, subproduto da produção de biodiesel são necessários processos complexos e onerosos para que essa matéria prima alcance o grau de pureza exigido em indústrias cosméticas, químicas, alimentícias e farmacêuticas (Robra et al., 2006).

Diante do exposto, considerando que a nutrição representa cerca de 70% dos custos com alimentação de bovinos, e que o milho é a fonte primária de energia, a disponibilidade de glicerina para uso na alimentação animal torna-se uma forma alternativa para garantir a utilização desse coproduto e reduzir custos de produção.

O interesse pela glicerina bruta como macroingrediente na ração de animais ruminantes é recente, existindo diversas perguntas que não foram respondidas e hipóteses que necessitam ser comprovadas, tornando necessária a realização de mais pesquisa na área.

Informações sobre o uso de glicerina bruta como ingrediente energético de dietas de bovinos de corte no Brasil começam a ser disponibilizadas (Fávaro, 2010; San Vito, 2010; Van Cleef, 2010; Zacaroni, 2010; Serrano, 2011, Carvalho, 2011 e Leão et al., 2012), enquanto em outros países seu uso já é avaliado há mais tempo (Pyatt et al., 2007; Versemann et al., 2008; Parsons et al., 2009; Mach et al., 2009; DiLorenzo & Galyean, 2010; Moriel et al., 2011; Gunn et al., 2011 e Ramos & Kerley, 2012). No entanto, grande parte desses trabalhos avaliaram os impactos da glicerina bruta na

alimentação de vacas de leite, bem como no desempenho de gado de corte, havendo, portanto, necessidade de mais estudos que avaliem sua influência na qualidade da carne e nas características de carcaça (Drouillard, 2008).

Pyatt et al. (2007) relataram aumento no ganho diário, redução no consumo de matéria seca e, conseqüentemente, melhora da eficiência alimentar quando a glicerina substituiu em 10 % o milho da dieta, enquanto Mach et al. (2009) não verificaram efeito dos níveis de glicerina sobre o consumo alimentar, ganho de peso, rendimento de carcaça, espessura de gordura subcutânea, área de olho de lombo e força de cisalhamento. Versemann et al. (2008) encontraram melhora na eficiência alimentar e deposição de gordura intramuscular ao nível de 10 % de inclusão de glicerina, considerando, portanto este nível ideal, enquanto Parsons et al. (2009) encontraram melhores resultados para cada variável avaliada em diferentes níveis de inclusão de glicerina na dieta (0, 2, 4, 8, 12 e 16%).

Abughazaleh et al. (2008) e Hess et al. (2008) verificaram que até o nível de 15% de glicerina bruta, em substituição ao milho, não houve efeitos adversos sobre a digestibilidade matéria seca e da fibra, embora a relação acetato: propionato tenha diminuído nos níveis mais altos de inclusão de glicerol. Drouillard (2008) reportou que inclusão de glicerina bruta ao nível de 10 %, resulta em menor consumo de matéria seca e aumento no ganho de peso. Van Cleef (2010) reporta que a inclusão de glicerina bruta pode ser realizada em até 30% da matéria seca sem afetar o consumo e desempenho animal. Da mesma forma, Serrano (2011) não encontrou efeito negativo da inclusão de glicerina bruta em dietas de bovinos de corte, bem como Carvalho (2011) observou que a inclusão em até 18% na matéria seca não altera o ganho de peso, melhora rendimento de carcaça e perfil de ácidos graxos da carne.

Em relação ao metabolismo do glicerol, constituinte majoritário da glicerina bruta, parte é fermentado pelas bactérias ruminais, preferencialmente a propionato, e parte pode ser absorvido diretamente pelo epitélio ruminal, sendo então utilizado como substrato para gliconeogênese hepática. Segundo Krehbiel (2008), do total do glicerol que chega ao rúmen, cerca de 44% é fermentado, 43% é absorvido pela parede, enquanto 13% passaria para o omaso juntamente com a digesta. Todavia, essas proporções são dose-dependente e, portanto, podem variar significativamente (Rémond et al., 1993; DeFrain et al., 2004).

O que escapa à fermentação ou não é absorvido em nível de rúmen é absorvido a nível intestinal, onde pode provocar melhoras na digestibilidade dos nutrientes da dieta, conforme sugerido por Wang et al. (2009). O glicerol que escapa da fermentação

ruminal e é absorvido pela parede ruminal ou mais adiante do trato digestório determina o poder gliconeogênico da glicerina (DeFrain et al., 2004).

No entanto, dados na literatura são conflitantes quanto ao metabolismo do glicerol, quando utilizado como macroingrediente em dietas para ruminantes (Khalili et al., 1997; Schroder & Sudekum, 1999; DeFrain et al., 2004; Donkin & Doane, 2007; Trabue et al., 2007; Donkin, 2008; Mach et al., 2009). Há discrepâncias quanto ao efeito do glicerol na proporção de ácidos graxos voláteis, bem como quantidade de glicerol que é fermentada no rúmen e quantidade que passa intacta para ser metabolizada no fígado. Uma vez no fígado, o glicerol pode ser direcionado para síntese de triacilglicerol, aumentando a deposição de gordura subcutânea ou entrar na gliconeogênese aumentando a concentração de glicose plasmática, sendo considerado substrato lipogênico ou glicogênico de acordo com status nutricional do animal (Jagger et al., 2008).

A inclusão de glicerina bruta na dieta de bovinos de corte pode aumentar a disponibilidade de compostos gliconeogênicos, devido à redução na relação acetato: propionato, e estes seriam utilizados como precursores de ácidos graxos a serem depositados de forma intramuscular, acarretando em melhorias no grau de marmorização da carne (Evans et al., 2008; Versemann et al., 2008), uma vez que a principal fonte de carbono para síntese de ácidos graxos depositados na gordura intramuscular é proveniente da glicose (Schoonmaker et al., 2004).

Da mesma forma, a inclusão de glicerina bruta na dieta pode resultar em incrementos na concentração de insulina plasmática e na relação insulina: glicose, o que pode acarretar em maior síntese de gordura intramuscular, conforme encontrado por Mach et al. (2009). Para que esse resultado ocorra, no entanto, torna-se necessário que os animais apresentem predisposição genética para produzir carne com grau de marmoreio superior. Ademais, embora glicose seja um importante substrato para deposição de tecido adiposo intramuscular, pouco se sabe, sobre a partição de energia entre lipogênese, energia de produção e deposição de glicogênio (Hocquette et al., 1998).

Outro possível efeito do glicerol é o de poupador de proteínas. O glicerol que passa intacto pelo rúmen e entra na via gliconeogênica no fígado poupará proteína, uma vez que seu carbono será utilizado preferencialmente. Aliado ao aumento na concentração de insulina haverá inibição na quebra de proteínas (Parker et al., 2007), aumentando deposição de tecido muscular. Drouillard (2008) afirmou que a inclusão de

glicerina propiciou aumento linear na área de olho de lombo, acompanhada por uma diminuição, também linear, na deposição de gordura subcutânea e intermuscular.

Um aspecto interessante é que, caso o glicerol não seja fermentado no rúmen, em relação a equivalentes tradicionais, como propionato, possui vantagem metabólica, uma vez que entra na via gliconeogênica ao nível de triose fosfato (Leng, 1970; Krehbiel, 2008), ou seja, metabolicamente mais próximo à glicose. Possivelmente, isso permitiria maior quantidade de energia disponível para o animal.

Outra hipótese, em relação a alterações na qualidade de carne, envolveria o efeito do glicerol na hipertrofia diferencial de fibras musculares. É bem estabelecido que a absorção de glicose, os níveis de GLUT-4, o número de receptores de insulina e a sensibilidade à insulina são mais elevados em fibras do tipo I em relação a fibras do tipo II, especialmente em fibras do tipo IIB (Lefaucheur, 2010). Posto isso, é possível que a utilização de glicerol, aliado ao consequente incremento na produção de insulina, possa aumentar a disponibilidade de substrato para fibras do tipo I, e até mesmo fibras tipo IIA, proporcionando hipertrofia diferencial das mesmas.

GRUPO GENÉTICO

A base genética do rebanho brasileiro é composta basicamente por *Bos Indicus* (Ferraz & Felício, 2010), sendo predominante a raça Nelore; utilizando-se ou não cruzamento. Este fato, associado à imagem de animais criados a pasto extensivamente, e logo, abatidos em idade avançada, contribui para a ideia de nossa pecuária produzir animais que possuam carne com características qualitativas indesejáveis para mercados importadores mais exigentes.

Pesquisadores estão continuamente à procura de formas de maximizar a eficiência de produção de carne, incluindo benefícios genéticos em consequência de cruzamentos. Em ambas as regiões tropicais e subtropicais utiliza-se *Bos indicus* para aumentar a resistência a doenças e parasitas, tolerância climática, heterose e variação genética aditiva (Highfill et al., 2012), em contrapartida *Bos taurus* são conhecidos por sua precocidade sexual, permitindo produzir carcaças com excelente acabamento de gordura e qualidade de carne.

A raça Red Angus teve um aumento de 370.41% (ASBIA, 2011) na comercialização de sêmen nos últimos cinco anos, demonstrando claramente sua importância no cenário atual. Ademais, o interesse crescente no cruzamento entre *Bos taurus* e *Bos indicus* relaciona-se a distância genética entre esses animais, promovendo maior heterose e complementariedade de características desejáveis.

Crouse et al. (1989), Whipple et al. (1990) e Wheeler et al. (1994) encontraram menor pontuação de marmoreio e espessura de gordura subcutânea para animais com sangue zebu, bem como maior valor de força de cisalhamento. Highfill et al. (2012) observaram que animais *Bos taurus* tinham carcaça mais pesada, maior cobertura de gordura, maior área de olho de lombo e tendência de maior escore de marmoreio. Garcia et al. (2008), da mesma forma, observaram menor pontuação de marmoreio para *Bos indicus*, bem como menor peso final. Felício (1997) afirmou que o cruzamento entre animais *Bos taurus* e *Bos indicus* proporciona aumento de peso e melhora na qualidade da carcaça, com maior rendimento e espessura adequada de gordura, características preconizadas no mercado de bovinos de corte.

Gursansky et al. (2010) relataram que ainda há controvérsia com relação ao grau de sangue *Bos indicus* em que ocorre alteração negativa na maciez: quando o componente genético do *Bos indicus* é maior que 25% (Crouse et al., 1989), maior que 50% (Christensen et al., 1991), igual a 50% (Johnson et al., 1990), acima de 75% (Thompson, 1999), igual a 100% (Ferguson et al., 2000) e também estudos que não observaram alteração negativa (Oliveira et al., 2011a).

Highfill et al. (2012) relataram que pouca pesquisa foi publicada comparando músculos de *Bos taurus* e *Bos indicus* que não seja o contra filé. Em seu trabalho, todos os músculos estudados de *Bos taurus* tiveram maior conteúdo lipídico intramuscular, o que provavelmente contribui para melhora na maciez. No entanto, Whipple et al. (1990) foram os primeiros a demonstrar que *Bos indicus* têm níveis mais elevados de calpastatina em relação a *Bos taurus*, e esta diferença seria a principal razão para observações de maior maciez da carne de animais *Bos taurus*.

Ao comparar *Bos taurus* e *Bos indicus*, Shackelford et al. (1995) observaram maior efeito de grupo genético na força de cisalhamento do contra filé e menor no coxão duro e lagarto. Stolowski et al. (2006) relataram que efeito de grupo genético no estado contrátil do músculo, degradação de proteínas, quantidade e solubilidade do colágeno e teor de gordura necessitam de mais estudos, avaliando esses parâmetros em diferentes músculos da carcaça. Em relação à perda de exsudado, Sobczak et al. (2005) não encontraram diferenças na capacidade de retenção de água entre animais de diferentes grupos genéticos.

Para Monsón et al. (2004), o processo de maturação afeta diretamente a força de cisalhamento, sendo, portanto alternativa eficiente para resolução das diferenças individuais na maciez entre grupos genéticos, promovendo produtos mais homogêneos e conseqüentemente aumentando o valor de mercado, no entanto, o resultado final

dependeria, principalmente, do potencial de amaciamento de cada raça. Sañudo et al. (2004) consideram que existe um efeito de raça no processo de maturação da carne, avaliado por medidas físicas, como força de cisalhamento. Ademais, Sazili et al. (2005) relataram que alguns estudos sugerem que diferenças entre mesmos músculos, em relação a qualidade, só pode ser evidente em raças específicas de qualquer espécie.

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MÚSCULOS

Grande parte dos estudos observa a incidência de fatores intrínsecos ou extrínsecos do animal sobre a qualidade da carne contemplando números limitados de músculos (Franco et al., 2008b), embora existam alguns estudos que avaliaram propriedades qualitativas entre vários músculos (Belew et al., 2003; Buford et al., 2004; Torrescano et al., 2003; Rhee et al., 2004; Gruber et al., 2006; Tschirhart-Hoelscher et al., 2006; Stolowski et al., 2006). Muitas vezes, por limitações financeiras e disponibilidade de animais, são realizadas extrapolação de observações, geralmente no contra filé, devido seu tamanho e valor comercial, sem contemplar diferenças na composição e qualidade que possam existir entre diferentes músculos da carcaça (Sañudo et al., 1998).

Amplo conhecimento na variação da textura e palatabilidade tem sido desenvolvido para o contra filé. No entanto, em relação à maioria dos outros músculos, este possui baixa variação sensorial detectável do tecido conjuntivo, comprimento de sarcômero e taxa de proteólise (Koochmaraie, 1992, 1994). Da mesma forma, sua maciez é pequena a moderadamente correlacionada com a maciez de outros músculos (Slanger et al., 1985; Shackelford et al., 1995; Shackelford et al., 1997; Wheeler et al., 2000a; Belew et al., 2003; Rhee et al., 2004; Hildrum et al., 2009), uma vez que há grande variação no comprimento de sarcômero, conteúdo de colágeno e grau de proteólise entre diferentes músculos (Wheeler et al., 2000b; Ilian et al., 2001), limitando, dessa forma, extrapolações a partir de informações disponíveis de um único músculo.

Adicionalmente, para Shackelford et al. (1997) a pouca variabilidade na maciez encontrada no coxão duro e lagarto, em relação ao contra filé, coloca em dúvida a existência de um músculo singular que permitiria estabelecer controle de qualidade da carne na carcaça como um todo, explicitando a dificuldade que a indústria enfrenta para predizer a maciez por essa via. Estes mesmos autores afirmam que baixa correlação entre força de cisalhamento do contra filé com outros músculos como estes supracitados, poderia ser atribuída à limitada variação na maciez entre animais jovens.

Outro interesse em estudar diferentes músculos reside no fato de que grande número de músculos é utilizado de forma menos nobre ou subutilizado (Belew et al., 2003). No entanto, para aumentar o valor global da carcaça, faz-se necessário caracterizar estes músculos, desmistificando alguns aspectos e permitindo aumentar a consistência dos produtos (Buford et al., 2004; Tschirhart-Hoelscher et al., 2006), promovendo comercialização de forma mais eficaz, em base individual (Jones et al., 2001), bem como admitindo orientação para utilização de tecnologias de processamento, como no caso da maturação (Tschirhart-Hoelscher et al., 2006).

Com base na frequência dos diferentes tipos de fibra, os músculos podem ser classificados em músculos vermelhos e brancos. Músculos vermelhos são compostos principalmente de fibras tipo I (oxidativa), enquanto músculos brancos são compostos principalmente de fibras do tipo II (glicolíticas). A variação na textura entre músculos tem sido muitas vezes correlacionada com suas propriedades metabólicas, bem como pela distribuição do tipo de fibra (Christensen et al., 2004).

Kirchofer et al. (2002) classificaram, arbitrariamente, músculos vermelhos como tendo mais de 40% de fibras β -vermelhas e músculos brancos com mais de 40% de fibras α -brancas, sendo oxidativos e glicolíticos, respectivamente. Músculos considerados intermediários eram oxidativos e glicolíticos, em menor proporção em relação aos anteriores e com classificação mais variável entre trabalhos. O patinho foi considerado intermediário, no entanto, pode ser classificado como músculo branco em outros trabalhos segundo Kirchofer et al., 2002.

Melody et al. (2004) observaram que o filé mignon tem maior percentual de isoforma tipo I em relação a outros músculos, indicando maior percentagem de fibras lentas (Koohmaraie et al., 1988); neste mesmo estudo, o contra filé e coxão duro apresentaram características de fibra semelhantes. Koohmaraie et al. (1988), observaram menor área de fibra para no filé mignon, intermediária no coxão duro e maior no contra filé.

De forma geral, músculos vermelhos possuem intensa taxa de consumo de oxigênio e apresentam capacidade redutora mais elevada, devido enzimas redutoras, NADH dependentes, coletivamente referidas como atividade de metamioglobina redutase (MRA, do inglês), segundo Gomide et al. (2013), caracterizando por elevada instabilidade da cor, como no caso do filé mignon. Ao contrário, músculos com marcado metabolismo anaeróbico, como maminha e lagarto, tem a cor mais estável, em função da sua escassa taxa de consumo de oxigênio, enquanto o contra filé, é

intermediário, com variabilidade na quantidade de pigmentos respiratórios como mioglobina (Franco et al., 2008b).

O lagarto possui menor atividade respiratória (Carballo et al., 2001; Von Seggern & Calkins, 2001; Buford et al., 2004) e Franco et al. (2008b) identificam esse músculo com maior luminosidade, atribuindo esta característica a menores concentrações de ferro heme, explicitando relação inversa entre luminosidade e concentração de mioglobina (Pérez Alvarez, 1998). De acordo com Melody et al. (2004) e Franco et al. (2008b), o filé mignon é mais vermelho em relação ao lagarto e contra filé, nos quais predominam fibras brancas e menor atividade respiratória (Renerre & Labas, 1987). Segundo McKenna et al. (2005), o coxão duro é rico em mioglobina, possuindo maior atividade enzimática e taxa de consumo de oxigênio em comparação a outros músculos.

A maciez de diferentes músculos, bem como a resposta a maturação é determinada por diferentes fatores. Koohmaraie et al. (2002), explicam a maciez do filé mignon por seu maior comprimento de sarcômero, do coxão duro ao teor de colágeno, do contra filé devido taxa de proteólise *post mortem* e do lagarto e coxão mole, com características semelhantes, devido ao conteúdo de fibras e tecido conjuntivo.

Diferenças na extensão da proteólise miofibrilar entre músculos foram demonstradas utilizando o índice de fragmentação miofibrilar (IFM). De acordo com Whipple & Koohmaraie (1992) valores de IFM foram menores (menor proteólise) em músculos oxidativos, atribuído a maior atividade de calpastatina 24 h *post mortem*, bem como a maior quantidade de calpaína no contra filé em relação ao filé mignon e intermediária lagarto e coxão mole. Isto posto, susceptibilidades inerentes a desnaturação dos vários tipos de fibra podem contribuir para diferentes atributos de qualidade entre músculos vermelhos e brancos (Bowker et al., 2005).

A maciez, mensurada por valores de força de cisalhamento, varia entre e dentro dos músculos. Generalidades históricas, como músculos de sustentação têm menores valores de força de cisalhamento em relação a músculos de locomoção, são menos aplicáveis quando uma maior quantidade de músculos é avaliada (Belew et al., 2003). Músculos que estão próximos na carcaça e são vendidos como mesmo corte comercial, como o “grupo dos vastus” possuem diferenças marcantes na maciez (Belew et al., 2003).

Shackelford et al. (1995), Rhee et al. (2004) e Franco et al. (2008a) observaram maior maciez no filé mignon e contra filé mais duro ou de semelhante maciez. Shackelford et al. (1997), em revisão, relataram maior comprimento de sarcômero no lagarto, seguido do coxão duro e do contra filé. Koohmaraie et al. (1996) mostraram que

o impacto da proteólise na maciez foi mínimo, na ausência de encurtamento do sarcômero no contra filé. No entanto, é provável que o alto teor de colágeno no coxão duro e lagarto (Wheeler et al., 2000b) seja responsável pela baixa variação na textura destes músculos, entre animais; em contrapartida, estes autores relataram menor quantidade de colágeno no músculo filé mignon.

Hildrum et al. (2009) relataram que a pior maciez do coxão duro e lagarto torna estes músculos candidatos a técnicas de intervenção. Seus dados revelaram que a alta força de cisalhamento do coxão duro e lagarto esta relacionada ao alto teor de colágeno, sendo interessante tratamento adicional com marinadas ou colagenases.

Com relação à perda de exsudado, menor capacidade de retenção de água (CRA) foi observada lagarto e coxão mole nos estudos de Lawrence et al. (2001) e Rhee et al. (2004) após maturação, enquanto Franco et al. (2008a) não encontraram diferenças significativas na CRA entre diferentes músculos avaliados, atribuindo este fato a pequena variação registrada no pH da carcaça.

De acordo com Belew et al. (2003), diferenças na qualidade da carne podem ser resultado de diferenças entre grupos genéticos. Sobczak et al. (2005), Wheeler et al. (2000a) e Torrescano et al. (2003) observaram que, independente do genótipo ou do tempo de maturação, maior dureza e perda por cocção foram observadas coxão duro e intermediária no lagarto e coxão mole.

Em suma, a maioria dos resultados com trabalhos envolvendo músculos são escassos e incluem poucos músculos, sabendo-se pouco sobre a extensão da proteólise *post mortem* entre músculos, bem como diferenças nas características qualitativas.

MATURAÇÃO

A maturação é o amaciamento (tenderização) da carne que ocorre após o *rigor mortis*, em função das enzimas proteolíticas naturais presentes, durante estocagem refrigerada; ou aquela carne resultante do processo que consiste em manter a carne refrigerada sob temperaturas próximas de 0°C, por período suficiente para torná-la mais macia, bem como melhorar outras qualidades organolépticas inerentes, como por exemplo, o sabor (Kubota et al., 1993; Puga et al., 1999).

Durante processo de maturação existe grande variação no amaciamento final da carne, bem como na taxa em que esse amaciamento ocorre (Rowe et al., 2004). Numerosos estudos têm sido realizados para identificar as causas das diferenças na velocidade e extensão do amaciamento, determinadas, de forma geral, pela resistência a tração do tecido conectivo, comprimento de sarcômero e taxa de proteólise *post mortem*

(Koohmaraie et al., 2002). De forma geral, enquanto tecido conjuntivo e comprimento de sarcômero não alteram significativamente durante a maturação, uma vez que se relacionam com a textura intrínseca da carne, parece ser a proteólise o evento chave para redução da textura durante armazenamento (Huff-Lonergan et al., 1996.; Melody et al., 2004). No entanto, a contribuição dos fatores supracitados é músculo-específico, tornando a maturação eficiente de acordo com o músculo (Koohmaraie et al., 2002).

Franco et al. (2008a) observaram maiores diferenças na maciez em relação ao dia um após sétimo dia de armazenamento, enquanto Koohmaraie et al. (2002) e Sobczak et al. (2005) observaram maior queda da força de cisalhamento entre três e sete dias de maturação em relação a períodos mais prolongados. Campo et al. (1998) e Monsón et al. (2004) observaram que maior percentagem da melhora potencial da maciez ocorre nos primeiros dias de armazenamento, enquanto Takahashi (1996) menciona que o amaciamento ocorre em duas fases: primeiro devido à proteólise e depois mais lentamente, devido debilitamento da estrutura conectiva. No entanto, Monsón et al. (2004) relataram que modificações no colágeno, com enfraquecimento das ligações intermoleculares durante maturação, teria contribuição irrisória na melhoria da maciez.

Assim, ainda que se saiba que a maturação incrementa a maciez da carne, deve ser levado em consideração que o armazenamento tem consequências econômicas e posto que o maior amaciamento ocorra na primeira semana, aumentar este período não parece recomendável para carne de animais jovens (Panea et al., 2008).

Alguns cortes necessitam ter a maciez melhorada para agradar a expectativa do consumidor, ademais, estes cortes estão em maior proporção na carcaça e possuem menor preço em relação a cortes considerados macios (Rhee et al., 2004). Dessa forma, a resposta à maturação ajuda a ultrapassar problemas associados a músculos menos macios, permitindo padronização. Contudo, esta resposta é discrepante entre animais e entre músculos, principalmente em relação à variação substancial no tempo (Gruber et al., 2006).

Em relação à cor, segundo Franco et al. (2008a) teores de vermelho sofrem redução durante os sete dias de maturação, devido aumento na oxidação da mioglobina, e logo redução na aceitabilidade da cor, enquanto luminosidade e teor de amarelo aumentam com o tempo de armazenamento. À medida que avança o período de maturação e fragmentação das miofibrilas, a penetração do oxigênio se desenvolve mais rapidamente, determinando maior formação de oximioglobina e como resultado maior claridade da carne (Feldhusen & Kuhne, 1992).

Bevilacqua & Zaritzky (1986) observaram relação inversa entre tempo de maturação e tempo de vida da cor. Na realidade, na carne maturada, a atividade respiratória e consumo de oxigênio são mais baixos, permitindo incremento na penetração de O₂ e maior profundidade da camada de oximioglobina, assim a carne maturada pode ser mais vermelho brilhante que a carne fresca, no entanto descolore mais rapidamente, quando exposta ao ar, devido perdas da atividade redutora (Mac Dougall, 1977).

FIBRA MUSCULAR

Há uma variação inaceitável na qualidade da carne, sugerindo que os determinantes desta são multifatoriais e complexos. No entanto, essa situação não é surpreendente, pois o músculo é uma estrutura altamente organizada e composta de diferentes tipos de fibras, resultando na definição das propriedades da carne como múltiplas interações destes fatores (Zamora et al., 2005), como detalhado adiante.

Fibras oxidativas tipo I são pobres em glicogênio, ricas em mioglobina e triacilgliceróis, altamente resistentes à fadiga e utilizam principalmente gordura como fonte de energia, apresentando metabolismo predominantemente aeróbico. É bem estabelecido que a absorção de glicose, níveis de GLUT-4, atividade da hexoquinase, incorporação de glicose no glicogênio, turnover de glicogênio, número de receptores de insulina e sensibilidade à insulina são mais elevados em fibras do tipo I em relação a fibras do tipo II, especialmente do tipo IIB (Lefaucheur, 2010).

Fibras glicolíticas tipo IIB apresentam alta atividade da ATPase, podem sustentar contrações breves e intensas, devido disponibilidade imediata de fosfocreatina e glicogênio, utilizando prioritariamente a via glicolítica. São expostas a um limiar de excitação alto e não usam grande quantidade de energia *in vivo*, uma vez que são recrutadas ocasionalmente para sustentar movimentos violentos, de curta duração, como escapar de perigo imediato.

Em associação a baixa vascularização e diâmetro grande, fibras glicolíticas tipo IIB são ricas em glicogênio, pobres em mioglobina, triacilgliceróis e altamente fatigáveis. Possuem baixos níveis de GLUT-4, atividade de hexoquinase, e utilizam predominante glicogênio armazenado localmente durante a contração intensa, com produção de lactato (Lefaucheur, 2010). Fibras oxidativas glicolíticas do tipo IIA, apresentam metabolismo e características intermediárias em relação as fibra tipo I e IIB.

Existe relação entre qualidade final da carne e composição das fibras musculares (Kirchofer et al., 2002; Sazili et al., 2005), embora estudos sejam contraditórios quanto

as relações que determinam essa premissa. Em relação à maciez, muitos estudos alegam compatibilidade entre características histoquímicas e qualidade de carne, no entanto, opiniões ainda parecem divergentes (Chang et al., 2003; Maltin et al., 2003). Strydom et al. (2000) e Renand et al. (2001) mostram relação positiva entre percentual de fibras tipo I e maciez; Zamora et al. (2005) e Sazili et al. (2005) não observaram correlação, enquanto Ozawa et al. (2000) observaram correlação negativa.

Em contrapartida, fibras tipo II são correlacionadas com maior velocidade de amaciamento (Lee et al., 2010) ou a maior susceptibilidade a degradação proteolítica *post mortem* (Choi & Kim, 2009), devido maior a relação calpaína: calpastatina (Koohmaraie et al., 1996). Esta susceptibilidade a degradação em fibras tipo II correlaciona-se com aumento na contração das miofibrilas que leva a maior dispersão da luz, bem como redução na capacidade de retenção de água (Bowker et al., 2005), esta última mais associada a fibras tipo IIB.

Da mesma forma, fibras tipo IIB estão correlacionadas com menor concentração de colágeno (Choi & Kim, 2009), menor pH final (Gil et al., 2003) e menor maciez (Kirchofer et al., 2002). Fibras tipo I estão relacionadas à maior incidência de carne DFD (Ozawa et al., 2000), maior capacidade de retenção de água (Ryu & Kim, 2006), maior pH final (Gil et al., 2003) e maior teor de gordura intramuscular (Calkins et al., 1981). Ao contrário, Lefaucheur (2010) relata que nenhuma relação clara entre conteúdo de colágeno e composição do tipo de fibra tem sido observada em bovinos.

Correlação negativa entre área da seção transversal e maciez tem sido relatada (Choi & Kim, 2009). Músculos com maior proporção de fibras com menor diâmetro (tipo I) é mais tenro em relação a músculos com maior proporção de fibras de maior diâmetro (tipo II), segundo Renand et al. (2001) e Ryu & Kim (2006). Da mesma forma, músculos com sarcômeros mais longos têm menor resistência ao corte e assim são mais tenros, quando a maciez é determinada pela força de cisalhamento. Para Wheeler et al. (2000b), outros fatores e não somente a área da seção transversal da fibra é responsável por alterações na maciez. Brandstetter et al. (1998a) relataram que tentativas para relacionar taxas de crescimento com frequência de fibras levaram a resultados divergentes, estando mais relacionado ao diâmetro da fibra.

A frequência de fibra dentro de um músculo específico pode ser afetada pela raça (Johnston et al., 1981) e tempo de alimentação (Suzuki et al., 1976), sendo a plasticidade fenotípica de fibras musculares músculo-específica (Cassar-Malek et al., 2001).

Em bovinos, a frequência de fibras tipo I permanece praticamente constante após o nascimento, enquanto modulação das fibras IIA para IIB, no sentido de metabolismo mais glicolítico, é um grande evento de diferenciação pós-natal (Brandstetter et al., 1998b). Wegner et al. (2000) observaram que a frequência de fibras tipo I se manteve constante e, portanto, aumento na frequência de fibras tipo IIB ocorreu às custas de fibras IIA, e observaram, ainda, que entre 2 a 6 meses a modulação de fibras do tipo IIA em IIB foi fortemente diminuída. Em adição, Ashmore et al. (1972) relataram que o crescente grau de musculosidade em animais domésticos é alcançado por práticas (domesticação e seleção) que culminam na formação de fibras IIB em detrimento de fibras IIA.

A sequência temporal na modulação pós-natal da atividade metabólica, avaliada a partir de músculos de diferentes regiões anatômicas, parece estar estreitamente relacionada com intensidade e crescimento alométrico músculo-específico. Pode-se especular que a maturação da fibra e um rápido aumento no tamanho da célula reduz a quantidade de mitocôndrias por área, reduzindo sua eficiência (Brandstetter et al., 1998b). Dessa forma, a demanda de energia é atendida pela glicólise, aumentando enzimas desta rota rapidamente, e conseqüentemente havendo modulação.

MACIEZ

O conceito de qualidade inclui muitos aspectos, como dito anteriormente, dentre eles a textura (Torrescano et al., 2003). Existem vários fatores que influenciam a maciez da carne, e cada um desses fatores é apoiado por teorias que tentam explicar essa influência. Para efeitos práticos, quatro características gerais são consideradas mais importantes: proteólise *post mortem*, tecido conjuntivo, estado contrátil do músculo (comprimento de sarcômero) e teor de gordura intramuscular (Belew et al., 2003). Estes fatores contribuem também para diferenças na maciez entre os diversos músculos da carcaça bovina. Ademais destes, podem ser citados sítio anatômico (Denoyelle e Lebihan, 2003) e maturação (Zamora et al. 2005).

Músculos da mesma carcaça diferem na composição e área de fibras (Kirchofer et al., 2002; Picard et al., 2002), bem como a composição de um músculo específico pode ser afetada pela raça e alimentação, devido diferenças no teor de colágeno e gordura intramuscular (Geay et al., 2001), que em conjunto com outros aspectos irão afetar a maciez do produto final.

Embora Renand et al. (2001) sugeriram que fatores pré-abate isolados, como grupo genético e dieta, expliquem de um terço a um quarto na variabilidade da maciez da

carne, bem como influenciam de forma diferente a maciez dos músculos na carcaça (Eggen & Hocquette, 2004), estratégias de acabamento têm sido extensivamente estudadas ao longo dos anos, com resultados contraditórios sobre a qualidade da carne (Del Campo et al., 2008). Possivelmente, porque diferentes raças têm ampla variabilidade de fibras musculares (Gil et al., 2001), embora, estas diferenças nem sempre sejam refletidas na força de cisalhamento (Koch et al., 1982; Jeremiah et al., 1997).

Variação na maciez entre músculos e dentro de músculos individuais pode estar relacionada com o sistema calpaína-calpastatina, que possui importante papel na extensão do amaciamento da carne durante a maturação (Sazili et al., 2005). A distribuição de calpaínas e calpastatina em músculos de diferente metabolismo e velocidade de contração tem mostrado que a taxa de maturação e a relação calpaína: calpastatina é maior em músculos glicolíticos.

Adicionalmente, resíduos de histidina e cisteína com grupos SH nos sítios ativos das calpaínas são particularmente susceptíveis a inativação devido oxidação (Lametsch et al., 2008). Huuf-Lonergan et al. (2010) apontaram que possam existir diferenças genéticas na susceptibilidade a oxidação, levando a hipótese de que diferenças nos sistemas contra oxidação entre animais e músculos possam influenciar na atividade de calpaínas, e logo promover diferenças na maciez.

COLÁGENO

O colágeno tem sido atribuído como principal fator determinante da maciez da carne, quando o encurtamento pelo frio é evitado, e que variações sutis na maciez são dependentes da qualidade e não da quantidade de colágeno (Torrescano et al., 2003). Este fato, observado por Jeremiah et al. (2003a), é determinante nas diferenças entre músculos de diversas posições anatômicas (Purlow et al., 2005). Dutson (1974) observou que o colágeno total não foi estreitamente relacionado com alterações na maciez associada ao amaciamento *post mortem*, no entanto, estava relacionado com diferenças na maciez entre músculos e solubilidade em função do armazenamento *post mortem*.

A produção moderna visa minimizar variações na textura, utilizando animais mais jovens, com pouca variação na faixa de idade, e mesma raça, mostrando para o mesmo músculo, pouca variação na maciez, uma vez que esta relaciona-se com o teor e solubilidade de colágeno (Purlow et al., 2005). Em anos recentes, estudos têm sido largamente centrados na proteólise *post mortem*, devido à facilidade de manipulação do

processo. Este foco levou à ideia de que ao mesmo tempo em que a contribuição do colágeno para maciez é importante, é também imutável e determinante de resistência intrínseca, que em termos práticos pouco poder ser feito (Sentandreu et al., 2002).

No entanto, a quantidade e composição do colágeno, bem como sua distribuição é possivelmente a mais variável diferença fenotípica entre músculos dentro de um mesmo animal e representam grande variação na expressão de proteínas e *turnover* (Purlo et al., 2005). Ademais, segundo Ramsbottom et al. (1945), músculos de maior atividade ou aqueles submetidos a muito esforço contêm maiores quantidades de tecido conjuntivo em relação a músculos de menor atividade.

PERDA DE EXSUDADO

Mudanças na capacidade de retenção de água afetam a água que se denomina imobilizada e não tem relação com a água de constituição, encontrada em regiões intersticiais ou água de interface (Hamm, 1986). A água imobilizada se produz em nível de cadeias de actomiosina, na superfície das proteínas, ligadas as suas cargas (Flores & Bermell, 1984), logo, a retenção de água é causada em primeiro lugar por imobilização da água por tecidos do sistema miofibrilar (Hamm, 1986). Considerando que miofibrilas ocupam aproximadamente 70% do volume total da massa muscular, nota-se que grande parte da água imobilizada deve estar localizada entre filamentos grossos e finos, assim, mudanças na capacidade de retenção de água (CRA) pode ser um indicador muito sensível dos câmbios na estrutura das proteínas miofibrilares (Honikel et al., 1986), e dessa forma, a desnaturação reduzirá a CRA.

Acredita-se que a taxa e quantidade de perda de exsudado na carne fresca é influenciada pelo grau do encolhimento no rigor, idade e permeabilidade da membrana celular a água, bem como a extensão da desnaturação das proteínas (Kristensen & Purslow, 2001). Existe a hipótese de que o encolhimento das proteínas costâmericas, resultando em encolhimento das miofibrilas do músculo como um todo, levando conseqüentemente ao extravazamento de água. Esta água acumula-se extracelularmente entre os feixes de fibras musculares e em fase posterior entre fibras simples. A partir desses compartimentos a água é drenada lentamente para a superfície, formando o gotejamento (Kristensen & Purslow, 2001).

O aumento da CRA durante maturação seria devido ao aumento do pH durante o processo mencionado, o que não é observado no trabalho de Beltrán (1988). Alguns autores afirmam que o aumento na CRA se daria pela desintegração das linhas Z por ação de proteases (Hamm, 1986) e por mudanças na permeabilidade de membrana, com

certa difusão e redistribuição iônica, que resultaria em substituição de alguns íons divalentes, causando enfraquecimento das forças que aproximam as cadeias proteicas.

Para Kristensen e Purslow (2001), a hipótese para maior CRA durante maturação residiria na maior retenção de água precoce, quando há rápida degradação das ligações intermiofibrilares (desmina), permitindo maior espaço para a água residir, assim, menor quantidade de água seria perdida inicialmente, resultando em maior CRA final, bem como melhora na maciez (Melody et al., 2004). Da mesma forma, variação na CRA entre músculos pode estar relacionada com diferenças na degradação *post mortem* de proteínas dos filamentos intermediários, como a desmina (Kristensen e Purslow, 2001).

Nas perdas durante cocção são responsáveis as rupturas da membrana celular e modificações na estrutura tridimensional das proteínas. Jeremiah et al. (2003b) afirmam que músculos diferem quanto à perdas durante cocção e que estas diferenças podem ser significativas, atribuídas a relação água/proteína, aumentando conforme aumenta essa relação.

Adicionalmente, mudanças observadas na textura durante a cocção são resultados das modificações que ocorrem no tecido conjuntivo e nas proteínas miofibrilares (Panea et al., 2008). O calor solubiliza o colágeno com poucas ligações cruzadas intermoleculares, levando a um amaciamento da carne, no entanto, desnatura as proteínas miofibrilares, a qual incrementa sua dureza; o efeito líquido depende das condições de cocção (Sañudo et al., 2004). Da mesma forma, quando há grandes quantidades de ligações intermoleculares no colágeno, durante cocção, a água é “espremida” para fora do músculo, reduzindo a textura (Lawrie, 1983).

Durante processo de maturação, o pH fica próximo do ponto isoelétrico das proteínas, permitindo entrada de moléculas de água na rede miofibrilar (Wismer-Pedersen, 1994), facilitando sua passagem do espaço intra para o extracelular e conseqüentemente aumentando as perdas por cocção, no entanto, este fato é músculo-dependente (Franco et al., 2008a).

COR

A cor da carne depende da quantidade e estado físico dos pigmentos musculares, principalmente mioglobina, e da estrutura do músculo, que absorve ou reflete maior ou menor quantidade de luz e que permite maior ou menor entrada de oxigênio. Além disso, influi sobre a cor da carne a proporção de gordura, tecido conjuntivo e existência de outros pigmentos como catalase, citocromos, flavinas, vitamina B12 entre outros

(Fox, 1987). No entanto, para MacDougall (1977) o mais importante no que diz respeito a cor é o estado físico das proteínas e não a quantidade de pigmento.

Variações na estabilidade entre diferentes músculos são atribuídas a fatores como NAD⁺, NADH, vitamina E, atividade mitocondrial, capacidade de redução da metamioglobina e tipo de fibra (Hood, 1980; Renner e Labas, 1987). Adicionalmente, a variabilidade na cor devido aos músculos é mais importante e superior em relação a diferentes animais, existindo uma variabilidade metabólica em cada tipo de músculo de determinada espécie e idade (Alcalde & Negueruela, 2001).

Dessa forma, tipo genético e manipulação pré-abate são dois fatores que podem afetar a cor do músculo. Além disso, condições de refrigeração, tais como espaço compreendido entre carcaças na câmara fria e/ou grau de acabamento podem afetar diretamente a cor de diferentes músculos (King et al., 2009). Em relação a variação de cor entre músculo não maturado e maturado pode estar relacionada com a capacidade de cada músculo individual para resistir à mudança de cor que ocorre com o tempo, o que poderia estar relacionado com que alguns fatores, como frequência das fibras musculares entre diferentes músculos (King et al., 2009).

Músculos maturados normalmente apresentam cor mais amarronzada, e conseqüentemente a intensidade de amarelo aumenta o que está relacionado com o armazenamento e temperatura. Em temperaturas mais elevadas há aceleração da taxa de oxidação de pigmentos, aumentando a taxa de oxidação no interior do tecido (Faustman, & Cassens, 1990).

Além disso, o aumento na temperatura e taxa de consumo de oxigênio, promovem ambiente adequado para crescimento de bactérias e oxidação lipídica. Todos estes processos descritos acima contribuem para a descoloração e aumento no teor de amarelo da carne (Faustman & Cassens, 1990). Na maioria dos casos, alterações observadas nas coordenadas de cor durante o processo de maturação *post mortem* são esperados quando se acredita na teoria de que a proteólise diminui a capacidade de retenção de água (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005), bem como aumenta a oxidação dos pigmentos de cor.

Músculos vermelhos têm maior quantidade de mitocôndrias e maior oxidação. Mitocôndrias intactas competem com a mioglobina pelo oxigênio, criando assim, maiores alterações na cor muscular, reduzindo a profundidade da camada de oximioglobina, tornando a aparência do músculo mais escura (Kirchofer et al., 2002). Logo, músculos vermelhos teriam taxas mais rápidas de descoloração e maior produção de metamioglobina com a exposição ao oxigênio.

Diferença na estabilidade da cor entre músculos, devido ao processo de maturação *post mortem* pode ser atribuída ao maior consumo de oxigênio nos músculos menos estáveis, devido à presença de enzimas, que competem com a mioglobina pelo oxigênio. Como resultado, há aumento na formação de deoximioglobina, que é mais susceptível à oxidação do que oximioglobina (King et al., 2010). Adicionalmente, a luminosidade é influenciada pela quantidade de água na superfície do músculo, como consequência da capacidade de retenção de água (Purchas, 1990), portanto diferença entre músculos pode estar ainda, relacionada a diferenças na capacidade de retenção de água (Oliveira et al., 2011b).

Diante do exposto fica clara a necessidade de estudos que avaliem a raça Nelore e seu cruzamento com a raça Angus, bem como a inclusão de glicerina bruta como macroingrediente na dieta de ruminantes e os impactos no desempenho, características de carcaça e nos atributos mais importantes de qualidade de carne, como maciez, assim como caracterizar diversos músculos da carcaça e avaliar o impacto da maturação nas características qualitativas da carne.

LITERATURA CITADA

- Abughazaleh, A.A., El-Nor, S.A., Babu, R. (2008). The effect of replacing corn with glycerol on rumen fermentation and fiber digestibility. *Journal of Animal Science*, 86 (E-Suppl.2), 474.
- Alcalde, M. J., & Negueruela, A. I. (2001). The influence of final conditions on meat colour in light lamb Carcasses. *Meat Science*, 57 (2), 117-123.
- Ashmore, C.R., Tompkins, G., & Doerr, L. (1972). Postnatal development of muscle fibre types in domestic animals. *Journal of Animal Science*, 34 (1), 37-41.
- Associação Brasileira de Inseminação Artificial, 2011. Relatórios de Comercialização de Sêmen (Online). <http://www.asbia.org.br> (accessed 8.15.2012).
- Belew, J. B., Brooks, J. C., Mckenna, D. R., & Savell, J. W. (2003). Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Science*, 64 (4), 507-512.
- Beltrán, J.A. (1988). Efecto de la temperatura sobre el desarrollo del rigor mortis y la maduración en músculo de ternasco. Zaragoza: *Doctor Scientiae*, Universidad de Zaragoza.
- Bevilacqua, A. E., & Zaritzky, N. E. (1986). Rate of pigment modifications in packaged refrigerated beef using reflectance spectrophotometry. *Journal of food processing and preservation*, 10 (1), 1-18.
- Bowker, B.C., Swartz, D.R., Grant, A.L., & Gerrard, D.E. (2005). Myosin heavy chain isoform composition influences the susceptibility of actin-activated S₁ ATPase and myofibrillar ATPase to pH inactivation. *Meat Science*, 71 (2), 342-350.

- Brandstetter, A., M., Picard, B., & Geay, Y. (1998a). Muscle fiber characteristics in four muscles of growing male cattle II. Effect of castration and feeding level *Livestock Production Science*, 53 (1), 25–36.
- Brandstetter, A.M., Picard, B., Geay, Y. (1998b). Muscle fiber characteristics in four muscles of growing bulls I. Postnatal differentiation. *Livestock Production Science*, 53 (1), 15-23.
- Buford, M., Calkins, C., Jonhson, D. & Gwartney, B. (2004). Cow muscle profiling on chemical and physical properties of 21 muscles from beef and dairy cow carcasses. *Nebraska Beef Report*, 89 - 91.
- Calkins, C.R., Duston, T.R., Smith, G.C., Carpenter, Z.L., & Davis, G.W. (1981). Relationship of fiber type composition to marbling and tenderness of bovine muscle. *Journal of Food Science*, 46 (3), 708-715.
- Carballo, J., Varela, A., Oliete, B., Monserrat, L., & Sanchez, L. (2001). Terneros de clase suprema acogibles a la I.G.P. “Ternera Gallega”. Efecto del tiempo de maduración sobre el color de la carne. *Itea*, 22 (2, extra), 556-558.
- Carvalho, J.R.R. (2011). Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de tourinhos alimentados com diferentes níveis de glicerina bruta. Lavras: *Magister Scientiae*, Universidade Federal de Lavras.
- Cassar-Malek, I., Kahl, S., Jurie, C., & Picard, B. (2001). Influence of feeding level during post weaning growth on circulating concentrations of thyroid hormones and extrathyroidal 5'-deiodination in steers. *Journal of Animal Science*, 79 (10), 2679-2687.
- Chang, K.C., Da Costa, N., Blackleya, R., Southwood, O., Evans, G., Plastow, G., Wood, J.D., & Richardson, R.I. (2003) Relationships of myosin heavy chain fibre types to meat quality traits in traditional and modern pigs. *Meat Science*, 64 (1), 93-103.
- Choi, Y.M., & Kim, B.C. (2009). Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality. *Livestock Science*, 122(2-3), 105-118.
- Christensen, M., Henckel, P., & Purslow, P.P. (2004). Effect of muscle type on the rate of post-mortem proteolysis in pigs. *Meat Science*, 66 (3), 595-601.
- Christensen, K. L., Johnson, D. D., West, R. L., Marshall, T. T., & Hargrove, D. D. (1991). The effect of breed of sire and age at feeding on muscle tenderness in beef chuck. *Journal of Animal Science*, 69 (9), 3673-3678.
- Crouse, J. D., Cundiff, L. V., Koch, R. M., Koohmaraie, M., & Seideman, S. C. (1989). Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. *Journal of Animal Science*, 67(10), 2661-2668.
- DeFrain, J.M., Hippen, A.R., Kalscheur, K.F., Jardon, P.W. (2004). Feeding glycerol to transition dairy cows: effects on blood metabolites and lactation performance. *Journal Dairy Science*, 87 (12), 4195-4206
- Del Campo, M., Brito, G., De Lima, J. M. S., Martins, D. V., Sañudo, C., Julián, R. S., Hernández, P., Montossi, F. (2008). Effects of feeding strategies including different

- proportion of pasture and concentrate, on carcass and meat quality traits in Uruguayan steers. *Meat Science*, 80(3), 753-760.
- Del Campo, M., Sañudo, C., Panea, B., Albertí, P., & Santolaria, P. (1998). Breed and ageing time effects on textural sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Proceedings 44 th ICOMST*, 898-899.
- Denoyelle, C., & Lebihan, E. (2003). Intramuscular variation in beef tenderness. *Meat Science*, 66 (1), 241-247.
- DiLorenzo, N., & Galyean, M.L. (2010). Applying technology with newer feed ingredients in feedlot diets: Do the old paradigms apply? *Journal of Animal Science*, 88 (E123-E132), 123-132.
- Donkin, S.S. (2008). Glycerol form biodiesel production: the new corn for dairy cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37 (Suppl. esp.), 280-286.
- Donkin, S.S., Doane, P. (2007). Glycerol as a Feed Ingredient in Dairy Rations (Online). <http://tristatedairy.osu.edu/Proceedings%202007/Donkin%20paper.pdf> (accessed 11.15.2012).
- Drouillard, J.S. (2008). Glycerin as a feed for ruminants: using glycerin in high-concentrate diets. *Journal of Animal Science*, 86 (E-Suppl.2), 392.
- Dutson, T. R. (1974). Connective tissue. In: *Proceedings of the Meat Industry Research Conference* (pp. 99–107), Washington District of Columbia: American Meat Institute Foundation.
- Eggen, A., & Hocquette, J. F. (2004). Genomic approaches to economic trait loci and tissue expression profiling: Application to muscle biochemistry and beef quality. *Meat Science*, 66(1), 1–9.
- Evans, H.L., Wiegand, B.R., Kerley, M.S., Porter, J. H., Roberts, K. S., & Versemann, B. A. (2008). Characterization of meat quality and lipid profile from steers fed crude glycerol. *Journal of Animal Science*, 86 (E-Suppl.2), 40.
- Faustman C., & Cassens, R.G. (1990). The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. *Journal of Muscle Foods*, 1 (3), 217-243.
- Fávaro, V.R. (2010). Utilização da glicerina, co-produto do biodiesel, na alimentação de bovinos. Jaboticabal: *Magister Scientiae*, Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho”.
- Feldhusen, F. & Kuhne, M. (1992). Effects of ultra rapid chilling and ageing on length of sarcomeres, and tenderness of pork. *Meat Science*, 32 (2), 161-166.
- Felício, P.E. Fatores ante e post-mortem que influenciam na qualidade da carne bovina In: SIMPÓSIO SOBRE PECUÁRIA DE CORTE, 4., Piracicaba, 1997. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 79-97.
- Ferguson, D. M., Jiang, S. T., Hearnshaw, H. R., Rymill, S. R., & Thompson, J. M. (2000). Effect of electrical stimulation on protease activity and tenderness of *M. longissimus* from cattle with different proportions of *Bos indicus* content. *Meat Science*, 55 (3), 265-272.

Ferraz, J. B. S., & Felício, P. E. D. (2010). Production systems - an example from

Brazil. *Meat Science*, 84 (2), 238-243.

Flores, J., & Bermell, S. (1984). Propiedades funcionales de las proteínas miofibrilares: capacidad de retención de água. *Revista de Agroquímica e Tecnologia de Alimentos*, 24 (2) 151-158.

Fox, J. B (1987) The pigments of meat. *Science of Meat Products*, 139-216.

Franco, J., Feed, O., Bianchi, G., Garibotto, G., Ballesteros, F., Nan, F., Percovich, M., Piriz, M., & Bentancur, O. (2008a). Parámetros de calidad de carne en cinco músculos de novillos Holando durante la maduración *post-mortem* I. Calidad instrumental. *Agrociencia*, 12 (1), 61 – 68.

Franco, J., Feed, O., Bianchi, G., Garibotto, G., Ballesteros, F., Nan, F., Percovich, M., Piriz, M., & Bentancur, O. (2008b). Parámetros de calidad de carne en cinco músculos de novillos Holando durante la maduración *post-mortem*. II. Evolución del color durante su almacenamiento. *Agrociencia*, 12 (1), 69 -73.

García, L. G., Nicholson, K. L., Hoffman, T. W., Lawrence, T. E., Hale, D. S., Griffin, D. B., Savell, J.W., Vanoverbeke, D.L., Morgan, J.B., Belk, K.E., Field, T.G., Scanga, J.A., Tatum, J.D., & Smith, G.C. (2008). National Beef Quality Audit 2005: Survey of targeted cattle and carcass characteristics related to quality, quantity, and value of fed steers and heifers. *Journal of Animal Science*, 86 (12), 3533–3543.

Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J.F., & Culioli, J. (2001). Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat *Reproduction Nutrition Development*, 41(1), 1-26.

Gil, M., Oliver, M. A., Gispert, M., Diestre, A., Sosnicki, A.A., Lacoste, A., & Carrión, D. (2003). The relationship between pig genetics, myosin heavy chain I, biochemical traits and quality of M. Longissimus thoracis. *Meat Science*, 65 (3), 1063-1070.

Gil, M., Serra, X., Gispert, M., Oliver, M. A., Sañudo, C., Panea, B., Olleta, J. L., Campo, M. M., Oliván, M., Osoro, K., García-Cachán, M. D., Cruz-Sagredo, R., Izquierdo, M., Espejo, M., Martín, M., & Piedrafita, J. (2001). The effect of beef-production systems on the myosin heavy chain 1, the biochemical characteristics and the colour variables of Longissimus thoracis from seven Spanish beef cattle breeds. *Meat Science*, 58 (2), 181-188.

Gomide, L.A.M., Ramos, E. M., Fontes, P. R. (2013). Ciência e qualidade da carne, Fundamentos. In: Gomide, L.A.M. (Ed.), Propriedades da carne fresca (pp. 155-185). Viçosa: Editora UFV.

- Gruber, S. L., J. D., Tatum, J. A., Scanga, P. L., Chapman, G. C. Smith, & Belk, K. E. (2006). Effects of postmortem aging and USDA quality grade on Warner-Bratzler shear force values of seventeen individual beef muscles. *Journal of Animal Science*, 84 (12), 3387-3396.
- Gunn, P. J., Lemenager, R. P., Buckmaster, D. R., Claeys, M. C., & Lake, S. L. (2011). Effects of distillers' dried grains with soluble and crude glycerin on performance and carcass characteristics in early weaned beef calves. *The Professional Animal Scientist*, 27 (4), 290-294.
- Gursansky, B., O'Halloran, J. M., Egan, A., & Devine, C. E. (2010). Tenderness enhancement of beef from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle following electrical stimulation. *Meat Science*, 86 (3), 635-641.
- Hamm, R. (1986). Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. In: P. J. Bechtel (Ed.), *Muscle as food* (pp. 135–199). New York: Academic Press, Inc.
- Hess, B.W., Lake, S.L., & Gunter, S.A. (2008). Using glycerin as a supplement for forage-fed ruminants. *Journal of Animal Science*, 86 (E-Suppl.2), 392-393.
- Highfill, C.M., Esquivel-Font, O., Dikeman, M.E., & Kropf, D.H. (2012). Tenderness profiles of ten muscles from F₁ *Bos indicus* x *Bos taurus* and *Bos taurus* cattle cooked as steaks and roasts. *Meat Science*, 90 (4), 881-886.
- Hildrum, K. I., Rødbotten, R., Høy, M., Berg, J., Narum, B., & Wold, J. P. (2009). Classification of different bovine muscles according to sensory characteristics and Warner Bratzler shear force. *Meat Science*, 83 (2), 302–307.
- Honikel, K. O., Kim, C. J., Hamm, R., & Roncales, P. (1986). Sarcomere shortening of prerigor muscles and its influence on drip loss. *Meat Science*, 16 (4), 267-282.
- Hocquette, J.F., Ortigues-Marty, I., Pethick, D., Herpin, P. and Fernandez, X. (1998) Nutritional and hormonal regulation of energy metabolism in skeletal muscles of meatproducing animals. *Livestock Production Science* 56, 115–143.
- Hood, D. E. (1980). Factors affecting the rate of metmyoglobin accumulation in pre-packaged beef. *Meat Science*, 4: 247-265.
- Huff-Lonergan, E., Zhang, W., & Lonergan, S.M. (2010) Biochemistry of postmortem muscle- Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*, 86 (1), 184-195.
- Huff-Lonergan, E. & Lonergan, S. M. (2005) Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of *postmortem* biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71 (1), 194-204.
- Huff-Lonergan, E., Mitsuhashi, T., Beekman, D. D., Parrish, F. C., Olson, D. G., & Robson, R. M. (1996). Proteolysis of specific muscle structural proteins by μ -calpain at low pH and temperature is similar to degradation in postmortem bovine muscle. *Journal of Animal Science*, 74 (5), 993-1008.
- Ilian, M. A., Morton, J. D., Kent, M. P., Le Couteur, C. E., Hickford, J., Cowley R. & Bickerstaff, R. (2001). Intermuscular variation in tenderness: Association with the

- ubiquitous and muscle-specific calpains. *Journal of Animal Science*, 79 (1), 122-127.
- Jagger, S. (2008) Proceedings of the British Society of Animal Science. In: *The implications of biofuel production on intensive livestock production in the United States*. Comerford, 1, 286-287.
- Jeremiah, L.E., Dugan, M.E.R., Aalhus, J.L., & Gibson, L.L. (2003a). Assessment of the relationship between chemical components and palatability of major beef muscles and muscle groups. *Meat Science*, 65 (3), 1013–1019.
- Jeremiah, L.E., Dugan, M.E.R., Aalhus, J.L., & Gibson, L.L. (2003b) Assessment of the chemical and cooking properties of the major beef muscles and muscle groups. *Meat Science*, 65 (3), 985-992.
- Jeremiah, L. E., Aalhus, J. L., Robertson, W. M., & Gibson, L. L. (1997). The effects of grade, gender and post-mortem treatments on beef. II. Cooking properties and palatability attributes. *Canadian Journal of Animal Science*, 77 (1), 41–54.
- Johnson, D. D., Huffman, R. D., Williams, S. E., & Hargrove, D. D. (1990). Effects of percentage Brahman and Angus breeding, age-season of feeding and slaughter endpoint on meat palatability and muscle characteristics. *Journal of Animal Science*, 68, 2371-2577.
- Johnston, D. M., W. G. Moody, J. A. Boling, & N. W. Bradley. (1981). Influence of breed type, sex, feeding systems, and muscle bundle size on bovine fiber type characteristics. *Journal of Food Science*, 46 (6), 1760-1765.
- Jones, S. J., Burson, D. E., & Calkins, C. R. (2001). Muscle profiling and bovine myology. (Online) <http://bovine.unl.edu>. (accessed: 02.10.2013).
- Khalili, H., Varvikko, T., Toivonen, V., Hissa, K., & Suvitie, N. (1997). The effects of adding glycerol or unprotected free fatty acids or a combination of two on silage intake, milk production, rumen fermentation and diet digestibility in cows given grass silage base diets. *Agricultural and Food Science in Finland*, 5 (6), 349–362.
- Krehbiel, C.R. (2008). Ruminal and physiological metabolism of glycerin. *Journal of Animal Science*, 86 (E-Suppl.2), 392.
- King, D. A., Shackelford, S. D., Kuehn, L. A., Kemp, C. M., Rodriguez, A. B., Thallman, R. M., & Wheeler, T. L., (2010). Contribution of genetic influences to animal-to-animal variation in myoglobin content and beef lean color stability. *Journal of Animal Science*, 88 (3), 1160-1167.
- King, D. A., Wheeler, T. L., Shackelford, S. D., & Koohmaraie, M. (2009). Comparison of palatability characteristics of beef gluteus medius and triceps brachii muscles. *Journal of Animal Science*, 87 (1), 275-284.
- Kirchofer, K.S., Calkins, C.B., & Gwartney, B.L. (2002). Fiber type composition of muscles of the beef chuck and round. *Journal of Animal Science*, 80 (11), 2872-2878.
- Koohmaraie, M., Shackelford, S., Veiseth, E. & Wheeler, T. (2002). Tenderness and muscle growth: is there any relationship. *Meat Science*, 62 (3), 345-352.

- Koohmaraie, M., Doumit, M. E., & Wheeler, T. L. (1996). Meat toughening does not occur when rigor shortening is prevented. *Journal of Animal Science*, 74 (12), 2935-2942.
- Koohmaraie, M. (1994). Muscle proteinases and meat aging. *Meat Science*, 36 (1-2), 93-104.
- Koohmaraie, M. (1992). The role of Ca²⁺ dependent proteases (calpains) in postmortem proteolysis and meat tenderness. *Biochimie*, 74 (3), 239-245.
- Koohmaraie, M., Seideman, S. C., Schollmeyer, J. E., Dutson, T. R., & Babiker, A. S. (1988). Factors associated with the tenderness of three bovine muscles. *Journal Food Science*, 53 (2), 407-410.
- Koch, R. M., Dikeman, M. E., & Crouse, J. D., (1982). Characterisation of Biological types of cattle (Cycle III) III. Carcass composition, quality and palatability. *Journal of Animal Science*, 54 (6), 1160-1168.
- Kubota, E. H., Olivo, R., Shimokomaki, M. (1993). Maturação da carne: um processo enzimático. *Revista Nacional da Carne*, 18 (200), 12-15.
- Kristensen, L., & Purslow., P. P. (2001). The effect of ageing on the water-holding capacity of pork: role of cytoskeletal proteins. *Meat Science*, 58 (1), 17-23.
- Lametsch, R., Lonergan, S., & Huff-Lonergan, E. (2008). Disulfide bond within J-calpain active site inhibits activity and autolysis. *Biochimica Et Biophysica Acta-Proteins and Proteomics*, 1784 (9), 1215-1221.
- Lawrence, T. E., King, D. A., Obuz, E., Yancey, E. J., & Dikeman, M. E. (2001). Evaluation of electric belt grill, forced-air convection oven, and electric broiler cooker methods for beef tenderness research. *Meat Science*, 58 (3), 239-246.
- Lawrie, R. A. (1983). Aspects of the biochemistry of meat. *International Journal of Biochemistry*, 15 (3), 233-242.
- Leão, J.P., Ramos, A.T., Maruo, V.M, Souza, D.P.M., Neiva, J.N.M., Restle, J., Moron, S.E. (2012). Anatomopatologia de amostras de bovinos alimentados com glicerol. *Ciência Rural*, 42 (7), 1253-1256.
- Lee, S.H., Joo, S.T., Ryu, Y.C. (2010). Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality. *Meat Science*, 86 (1), 166-170.
- Lefaucheur, L. (2010). A second look into fibre typing-Relation to meat quality. *Meat Science*, 84 (2), 257-270.
- Leng, R. A., 1970. Glucose synthesis in ruminants. *Advances in Veterinary Science & Comparative Medicine*, 14, 209-260.
- Ma, F., & Hanna, M.A. (1999). Biodiesel production: a review. *Bioresource Technology*, 10 (1), 1-15.
- Mach, N., A. Bach, & M. Devant. (2009). Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. *Journal of Animal Science*, 87 (2), 632-638.

- MacDougall, D. B. 1977. Colour in meat. In G. G. Birch, J. G. Brenn, & K. J. Parker (Ed.) *Sensory Properties of Foods*. p.59. Science Publisher, London.
- Maltin, C., Balcerzak, D., Tilley, R.; et al. (2003). Determinants of meat quality: tenderness. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62, 337-347.
- McKenna, D. R., Mies, P. D., Baird, B. E., Pfeiffer, K. D., Ellebracht, J. W., & Savell, J.W. (2005). Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles. *Meat Science*, 70 (4), 665–682.
- Melody, J. L., Lonergan, S. M., Rowe, L. J., Huiatt, T. W., Mayes, M. S., & Huff-Lonergan, E. (2004). Early postmortem biochemical factors influence tenderness and water-holding capacity of three porcine muscles. *Journal of Animal Science*, 82 (4), 1195–1205.
- Monsón, F. F., Sañudo, C., Sierra, I. (2004). Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. *Meat Science*. 68 (4), 595-602.
- Moriel, P., Nayigihugu, V., Cappelozza, B. I., Gonçalves, E. P., Krall, J. M., Foulke, T., Cammack, K. M., & Hess, B. W. (2011). Camelina meal and crude glycerin as feed supplements for developing replacement beef heifers. *Journal of Animal Science*, 89 (12), 4314-4324.
- Oliveira, I.M., Paulino, P.V.R., Marcondes, M.I., Valadares Filho, S.C., Cavali, J., Prados, L.F., Duarte, M.S., & Detmann, E. (2011a). Beef quality traits of Nellore, F₁ Simmental × Nellore and F₁ Angus × Nellore steers fed at the maintenance level or *ad libitum* with two concentrate levels in the diet. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40 (12), 2894-2902.
- Oliveira, I.M., Paulino, P.V.R., Monnerat, J.P.I.S., Serão, N.V.L., Couto, V.R.M., Duarte, M.S., Mezzomo, R., Silva, L.H.P., Moura, L.S., & Teixeira, C.R.V. (2011b). Influence of crude glycerin inclusion in the diet, genetic group and postmortem aging time on color of three bovine muscles. *Proceedings 57 th ICOMST* : 1-4.
- Ozawa, S., Mitsuhashi, T., Mitsumoto, M., Matsumoto, S., Itoh, N., Itagaki, K., Kohno, Y., Dohgo, T. (2000). The characteristics of muscle fiber types of longissimus thoracis muscle and their influences on the quantity and quality of meat from Japanese Black steers. *Meat Science*, 54 (1), 65-70.
- Pacheco, P.S., Restle, J., Silva, J.H.S., Brondani, I.L., Pascoal, L.L., Arboitte, M.Z., & Freitas, A.K (2005). Desempenho de novilhos jovens e superjovens de diferentes grupos genéticos terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34 (3), 963-975.
- Panea, B., Sañudo, C., Olleta, J.L., & Civit, D. (2008). Efecto del método de maduración, tiempo de maduración, método de cocinado y espesor de la muestra sobre las características de textura de la carne bovina. *Eurocarne*, 167, 1-8.
- Parker, A.J., Dobson, G.P., & Fitzpatrick, L.A. (2007). Physiological and metabolic effects of prophylactic treatment with the osmolytes glycerol and betaine on *Bos indicus* steers during long duration transportation. *Journal of Animal Science*, 85 (11), 2916-2923.

- Parsons, G. L., Shelor, M. K., & Drouillard, J. S. (2009). Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. *Journal of Animal Science*, 87 (2), 653–657.
- Pérez Alvarez, J. (1998). Contribución al estudio objetivo del color en productos cárnicos crudos-curados. Valencia: Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.
- Picard, B., Lefaucheur, L., Berri, C. & Duclos, M.J. (2002). Muscle fiber ontogenesis in farm animal species. *Reproduction Nutrition Development*, 42 (5), 415-431.
- Puga, D. M. U., Contreras, C. J. C., Turnbull, M. R. (1999). Avaliação do amaciamento da carne bovina de dianteiro (*Triceps brachi*) pelos métodos de maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 19 (1), 88-96.
- Purchas R. W. (1990). An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. *Meat Science*, 27 (2), 120-140.
- Purslow, P. P. (2005). Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Science*, 70 (3), 435-447.
- Pyatt, N. A., Doane, P. H., & Cecava, M. J. (2007). Effect of crude glycerin in finishing cattle diets. *Journal of Animal Science*, 85 (E-Suppl.1), 530.
- Ramsbottom, J. J., Strandine, E. J. & Koonz, C. H. (1945). Comparative tenderness of representative beef muscles. *Food Res.* 10:497.
- Ramos, M.H. & Kerley, M.S. (2012). Effect of dietary crude glycerol level on ruminal fermentation in continuous culture and growth performance of beef calves. *Journal of Animal Science*, 90 (3), 892-899.
- Rémond, B., Souday, E., & Jouany, J.P. (1993). In vitro and in vivo fermentation of glycerol by rumen microbes. *Animal Feed Science and Technology*, 41 (2), 121-132.
- Renand, G., Picard, B., Touraille, C., Berge, P., Lepetit, J. (2001). Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. *Meat Science*, 59 (1), 49-60.
- Renerre, M. & Labas, R. (1987). Biochemical factors influencing metamioglobin formation in beef muscles. *Meat Science*, 19 (2), 151-165.
- Rhee, M. S., Wheeler, T. L., Shackelford, S. D., & Koohmaraie, M. (2004). Variation in palatability and biochemical traits within age among eleven beef muscles. *Journal of Animal Science*, 82 (2), 534-550.
- Robra, S., Almeida Neto, J.A., & Cruz, R.S. (2006). Usos alternativos para a glicerina resultante da produção de biodiesel: Parte 1 – compostagem. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 1., 2006. Brasília. **Anais...** Brasília: MCT: Ministério da Ciência e Tecnologia. p.53-57.
- Rowe L. J., Maddock, K. R., Lonergan, S. M. & Huff-Lonergan, E. (2004) Oxidative environments decrease tenderization of beef steaks through inactivation of μ calpain *Journal of Animal Science*, 82 (11), 3254-3266.

- Ryu, Y.C., & Kim, B.C. (2006). Comparison of histochemical characteristics in various pork groups categorized by postmortem metabolic rate and pork quality. *Journal of Animal Science*, 84 (4), 894-901.
- San Vito, E. (2010). Glicerina bruta na alimentação de vacas leiteiras. Viçosa: *Magister Science*, Universidade Federal de Viçosa.
- Sentandreu, M. A., Coulis, G., & Ouali, A. (2002). Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Food Science & Technology*, 13(12), 400–421.
- Slanger, W. D., Marchello, M. J., Danielson, R. B., Haugse, C. N., Johnson, V. K., Vidal, A. S., Dinusson, W. E., & Berg, P. T. (1985). Muscle tenderness, other carcass traits and the effect of cross-breeding on these traits in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 61 (6), 1402-1407.
- Sañudo C., Macíe E.S., Olleta J.L., Villarroel, M., Panea, B., & Albertí, P. (2004). The effects of slaughter weight, breed type and ageing time on beef meat quality using two texture devices. *Meat Science*. 66 (4), 925-932.
- Sañudo, C., Sanchez, A. & Alfonso, M. (1998). Small Ruminant Production Systems and Factors affecting lamb meat quality. In: 44th International Congress of Meat Science and Technology. pp: 20 - 47.
- Sazili, A.Q., Parr, T., Sensky, P.L., Jones, S.W., Bardsley, R.G., Buttery, P.J. (2005). The relationship between slow and fast myosin heavy chain content, calpastatin and meat tenderness in different ovine skeletal muscles. *Meat Science*, 69 (1), 17-25.
- Strydom, P.E., Naude, R.T., Smith, M.F., Scholtz, M.M., & Van Wyk, J.B. (2000). Characterization of indigenous African cattle breeds in relation to meat quality traits. *Meat Science*, 55 (1), 79-88.
- Suzuki, A., H. Tamate, & M. Okada. (1976). The effect of a high plane of nutrition during a given period of growth on size and proportion of skeletal muscle fiber types in the cattle. *Tohoku Journal of Agricultural Research*, 27, 20-25.
- Serrano, R.D.C. (2011). Glicerina bruta e ureia de liberação lenta na alimentação de bovinos de corte. Maringá: *Doctor Scientiae*, Universidade Estadual de Maringá.
- Shackelford, S. D., Wheeler, T. L. & Koohmaraie, M. (1997). Repeatability of tenderness measurements in beef round muscles. *Journal of Animal Science*, 75 (9), 2411-2416.
- Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., & Koohmarie, M. (1995). Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness rating of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. *Journal of Animal Science*, 73 (11), 3333–3340.
- Schoonmaker, J.P., Fluharty, F.L., & Loerch, S.C. (2004). Effect of source and amount of energy and rate of growth in the growing phase on adipocyte cellularity and lipogenic enzyme activity in the intramuscular and subcutaneous fat depots of Holstein steers. *Journal of Animal Science*, 82 (1), 137-148.
- Schroder, A., & Sudekum, H.K. (1999). Glycerol as a by-product of the biodiesel production in diets for ruminants. 10th International Rapeseed Congress. Canberra, Australia. (Online) <http://www.regional.org.au/au/gc1999/1/241.htm> (accessed 5.29.2012).

- Sobczak, M., Lachowicz, K., Kamieniecki, K., Wojcik, J., Gajowiecki, L., Zochowska, J., Zych, A., Kotowicz, M., Sablik, P., & Rzewucka, E. (2005). The effect of cattle genotype on texture of selected muscles during post-mortem ageing. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Food Science and Technology*, 8 (3). (accessed in [http:// www.ejpau.media.pl](http://www.ejpau.media.pl)).
- Stolowski, G. D., Baird, B. E., Miller, R. K., Savell, J. W., Sams, A. R., Taylor, J. F., Sanders, J.O., & Smith S.B., (2006). Factors influencing the variation in tenderness of seven major beef muscles from three Angus and Brahman breed crosses. *Meat Science*, 73 (3), 475-483.
- Takahashi, K. (1996). Structural weakening of skeletal muscle tissue during *post-mortem* ageing of meat: the non enzymatic mechanism of meat tenderization. *Meat Science*, 43 (Suppl.1), 67-80.
- Trabue, S., Scoggin, K., Tjandrakusuma, S., Rasmussen, M.A., & Reilly, P.J. (2007). Ruminal Fermentation of Propylene Glycol and Glycerol. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 55 (17), 7043-7051.
- Tschirhart-Hoelscher, T. E., Baird, B. E., King, D. A., McKenna, D. R., & Savell, J. W. (2006). Physical, chemical and histochemical characteristics of 18 lamb muscles. *Meat Science*, 73 (1), 48-54.
- Thompson, J. (1999). The importance of genetics in determining beef palatability. Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics, 13, 1936–1941.
- Torrescano, G., Sánchez-Escalante, A., Giménez, B., Roncalés, P., & Baltrán, J. A. (2003). Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. *Meat Science*, 64 (1), 85-91.
- Van Cleef, E.H.C.B.; Ezequiel, J.M.B.; Gonçalves, J.S. et al. Consumo de matéria seca e desempenho de bovinos de corte alimentados com glicerina bruta. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2010. Salvador. **Anais...** Salvador. SBZ, 2010 (CD-ROM).
- Versemann, B.A., Wiegand, B.R., Kerley, M.S., Porter, J.H., Roberts, K. S., Evans, H.L. (2008). Dietary inclusion of crude glycerol changes beef steer growth performance and intramuscular fat deposition. *Journal of Animal Science*, 86, (E-Suppl.2), 478.
- Vestergaard, M., Oksbjerg, N., & Henckel, P. (2000). Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, longissimus dorsi, and supraspinatus muscles of young bulls. *Meat Science*, 54 (2), 177–185.
- Von Seggern, V. & Calkins, C. (2001). Physical and chemical properties of 39 muscles from the beef chuck and round. *Nebraska Beef Report*. pp: 99-102.
- Wang, C., Lui, Q., Huo, W.J., Yang, W.Z., Dong, K.H., Huang, X.Y., & Guo, G., (2009). Effects of feeding glycerol on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. *Livestock Science*, 121 (1), 15–20.
- Wegner J., Albrecht, E., Fiedler, I., Teuscher, F., Papstein, H. J., & Ender, K. (2000). Growth and breed-related changes of muscle fiber characteristics in cattle. *Journal of Animal Science*, 78 (6), 1485-1496

- Wheeler, T. L., Shackelford, S. D., & Koohmaraie, M. 2000a. Relationship of beef longissimus tenderness classes to tenderness of gluteus medius, semimembranosus, and biceps femoris. *Journal of Animal Science*, 78 (11), 2856-2861.
- Wheeler, T. L., S. D. Shackelford, and M. Koohmaraie. 2000b. Variation in proteolysis, sarcomere length, collagen content, and tenderness among major pork muscles. *Journal of Animal Science*, 78 (4) 958-965.
- Wheeler, T. L., Cundiff, L. V., & Koch, R. M. (1994). Effects of marbling degree on beef palatability in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science*, 72 (12), 3145-3151.
- Wismer-Pedersen, J. (1994). Química de los tejidos animales. En: Ciencia de la carne y los productos cárnicos. 125-149. Ed. J.F. Price, B.S. Schweigert. Acribia. Zaragoza. España.
- Whipple, G., & Koohmaraie, M. (1992). Effects of Lamb Age, Muscle Type, and 24-Hour Activity of Endogenous Proteinases on Postmortem Proteolysis. *Journal of Animal Science*, 70 (3), 798-804.
- Whipple, G., Koohmaraie, M., Dikeman, M. E., Crouse, J. D., Hunt, M. C., & Klemm, R. M. (1990). Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science*, 68 (9), 2716–2728.
- Zacaroni, O.F. (2010). Respostas de vacas leiteiras à substituição do milho por glicerina bruta. Lavras: *Doctor Scientiae*, Universidade Federal de Lavras.
- Zamora, F., Aubry, L., Sayd, T., Lepetit, J., Lebert, A., Sentandreu, M.A., & Ouali, A. (2005). Serine peptidase inhibitors, the best predictor of beef ageing amongst a large set of quantitative variables. *Meat Science*, 71 (4), 730-742.

CAPÍTULO I

Consumo, Desempenho e Características de Carcaça de Bovinos Nelore e F₁ Red Angus x Nelore Alimentados com Glicerina Bruta

RESUMO: Foram avaliados consumo, desempenho e características de carcaça de animais Nelore e F₁ Red Angus x Nelore alimentados com 5% e 15% de glicerina bruta na dieta (em substituição ao milho na matéria seca total). Não houve interação (P=0.1663) entre grupo genético e dieta para nenhuma das variáveis avaliadas. Animais cruzados apresentaram maior consumo (P=0.0339) e mesma digestibilidade (P=0.1829) em relação aos Nelore. O consumo (P=0.1344) e digestibilidade (P=0.7239) da fibra em detergente neutro não foram afetados pelo grupo genético. Exceto pela digestibilidade do extrato etéreo, maior em animais alimentados com 15% de glicerina (P=0.0300), consumo (P=0.0769) e digestibilidade (P=0.2973) não foram afetados pela dieta. Animais cruzados apresentaram maior ganho médio diário (GMD; P=0.0012) e peso corporal final (PCF; P=0.0012). O GMD (P=0.0294) foi maior em animais alimentados com %5 de glicerina e houve tendência de maior PCF (P=0.0654) nestes animais. Animais cruzados apresentaram maior peso de carcaça fria (P=0.0249), comprimento de carcaça (P<0.0001) e área de olho de lombo (P=0.0211). A espessura de gordura subcutânea (P=0.8983) e rendimento de carcaça fria (P=0.5292) não foram afetados pelo grupo genético. O rendimento de carcaça fria (P=0.0450) foi maior em animais alimentados com 15% de glicerina. O rendimento de cortes não diferiu entre dietas (P=0.2426) e entre grupos genéticos (P=0.0754). Conclui-se que animais cruzados apresentam melhor desempenho em relação aos animais puros, bem como a inclusão de 15% de glicerina bruta em substituição ao milho, na base da matéria seca, reduz o ganho de peso.

Palavras-chave: aol, cruzamento, glicerol, gordura, peso de corpo vazio

1. Introdução

O rebanho bovino brasileiro é composto basicamente de animais *Bos indicus* (Ferraz & Felício, 2010), extremamente adaptáveis, no entanto, associados à criação extensiva a pasto, fato que contribui para imagem negativa da carne brasileira, como proveniente de animais velhos, com características de carcaça indesejáveis.

Pesquisadores estão continuamente à procura de formas de maximizar a eficiência de produção de carne, incluindo benefícios genéticos em consequência de cruzamentos. Em ambas as regiões tropicais e subtropicais utiliza-se *Bos indicus* para aumentar a resistência a doenças e parasitas, tolerância climática, heterose e variação genética aditiva (Highfill et al., 2012). Em contrapartida, *Bos taurus* são conhecidos por sua precocidade sexual, permitindo produzir carcaças com excelente acabamento de gordura e qualidade de carne. Diante do exposto, observa-se interesse crescente pelo conhecimento do cruzamento entre *Bos indicus* x *Bos taurus*, visando, entre outros fatores, melhorar de forma qualitativa e quantitativa a produção de carne. A raça Red Angus teve um aumento de 370,41% (ASBIA, 2011) na comercialização de sêmen nos últimos cinco anos, demonstrando claramente sua importância no cenário atual.

Adicionalmente, Crouse et al. (1989), Whipple et al. (1990) e Wheeler et al. (1994) encontraram menor espessura de gordura subcutânea para animais com sangue zebu, da mesma forma, Highfill et al. (2012) observaram que animais *Bos taurus* tinham carcaça mais pesada, maior cobertura de gordura e maior área de olho de lombo e Garcia et al. (2008) observaram menor peso final para animais *Bos indicus*. Felício (1997) afirmou que cruzamento entre animais *Bos taurus* e *Bos indicus* proporciona aumento de peso e melhora na qualidade da carcaça, com maior rendimento e espessura adequada de gordura, características preconizadas no mercado de bovinos de corte.

Em relação à dieta, com a demanda crescente por recursos renováveis, como o biodiesel, conjectura-se a alta disponibilidade de glicerina bruta, coproduto desta agroindústria, que se destaca como ingrediente energético potencial para dieta de ruminantes. O estudo da glicerina bruta como macroingrediente é recente e grande parte dos trabalhos veem avaliando os impactos da glicerina bruta na alimentação de vacas de leite, havendo, portanto, necessidade de mais estudos que avaliem sua influência no desempenho e características de carcaça de bovinos de corte (Drouillard, 2008), principalmente devido à divergência de resultados.

Pyatt et al. (2007) relataram aumento no ganho em peso diário e redução no consumo de matéria seca, enquanto Mach et al. (2009) verificaram que não houve efeito

de glicerina sobre o consumo alimentar, ganho de peso e qualidade da carcaça. Abughazaleh et al. (2008) e Hess et al. (2008) verificaram que até o nível de 15%, em substituição ao milho, não houve efeitos adversos sobre a digestibilidade matéria seca e da fibra, embora a relação acetato: propionato tenha diminuído nos níveis mais altos de inclusão de glicerol, enquanto Drouillard (2008) reportou que a inclusão de glicerina bruta ao nível de 10 %, resulta em menor consumo de matéria seca e aumento no ganho de peso. Em contrapartida, Serrano (2011) não encontrou efeito negativo da inclusão de glicerina bruta em dietas de bovinos de corte, bem como Carvalho (2011) reportou que a inclusão em até 18% na matéria seca não altera o ganho de peso e melhora o rendimento de carcaça.

Diante do exposto, foi realizado um estudo para avaliar o consumo, desempenho e características de carcaça de animais Nelore e F₁ Red Angus x Nelore alimentados com dois níveis de glicerina na dieta.

2. Material e Métodos

2.1. Animais, Dieta e Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido no Laboratório Animal do Departamento de Zootecnia desta Universidade em Viçosa, Minas Gerais, Brasil e aprovado pelo comitê de Bem-estar animal da Universidade Federal de Viçosa.

Foram confinados 24 bovinos inteiros, 12 Nelore (NE) e 12 F₁ Red Angus x Nelore (NA), com idade média de 18 meses e peso corporal médio inicial de 322.0±16.1 kg e 340.1±14.9 kg, respectivamente. Todos os animais pertenciam ao mesmo grupo contemporâneo, provenientes da mesma fazenda, e recriados em sistema extensivo. Após pesados, os animais foram distribuídos aleatoriamente em baias individuais de 30 m². Os animais foram submetidos a período de 30 dias de adaptação ao confinamento recebendo silagem de milho *ad libitum*, 2.0 kg de fubá de milho e 50.0 g de ureia; em seguida, foram novamente pesados e iniciou-se o confinamento experimental de 84 dias, dividido em três períodos de 28 dias.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2, sendo dois grupos genéticos (Nelore e F₁ Red Angus x Nelore) e dois regimes alimentares (5% e 15% de glicerina bruta (GB) em substituição ao milho com base na matéria seca total), compondo quatro tratamentos e seis repetições.

As dietas, para animais cruzados, foram formuladas para serem isoproteicas com 14.66 % de PB (base da MS), de acordo com Valadares Filho et al. (2010), para permitir ganho de 1.5 kg, sendo utilizada também para os animais puros. O concentrado foi

formulado para que a mesma dieta fosse ofertada para ambos os tratamentos, alterando somente a relação milho/glúten de milho para permitir manutenção da quantidade de proteína. A dieta experimental foi composta de silagem de milho e concentrado, na proporção de 50: 50 (base da MS). A composição química, na base da MS, da glicerina bruta utilizada foi: 89.46 % de MS; 0.2% de PB; 7.76% de ácidos graxos totais; 92.57% de carboidratos não fibrosos; 90.04% de glicerol; 11.26% de cinzas; 9.86% de etanol e 1.79% de metanol. A proporção de ingredientes e a composição química das dietas experimentais são apresentadas na Tabela 1.

2.2. Procedimentos Experimentais, Amostragem e Análises Químicas

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, na forma de ração total, e os alimentos pesados diariamente, anteriormente ao arraçãoamento. A glicerina bruta foi pesada e misturada aos outros constituintes do concentrado, que foi então, misturado com a silagem de milho no cocho. Com finalidade de estimar o consumo alimentar dos animais, amostras de silagem e sobras foram coletadas individualmente e diariamente, pesadas e amostradas, sendo feitas amostras compostas na primeira semana e, em seguida, a cada 28 dias.

Foi realizado ensaio de digestibilidade para determinação da energia digestível da dieta. A excreção de matéria seca fecal foi estimada utilizando a FDN indigestível (FDNi) como indicador interno. Os teores de FDNi na silagem, sobras e fezes foram obtidos a partir de incubação ruminal *in situ* por 240 h (Casali et al., 2008). As fezes foram coletadas as 08 h no dia 42, as 12 h no dia 43 e as 18 h no dia 44.

Amostras compostas dos alimentos fornecidos, fezes e sobras foram analisadas para MS, matéria orgânica (MO), PB e extrato etéreo (EE) de acordo com a AOAC (1990). Para análise de FDN, as amostras foram tratadas com α -amilase termoestável sem sulfito de sódio e o resíduo corrigido para cinzas (Mertens, 2002) e PB (Licitra et al., 1996).

Os nutrientes digestíveis totais aparentes (NDT) foram calculados como $(PB_{\text{ingerida}} - PB_{\text{fecal}}) + (FDN_{\text{ingerido}} - FDN_{\text{fecal}}) + (CNF_{\text{ingerido}} - CNF_{\text{fecal}}) + [2.25 \times (EE_{\text{ingerido}} - EE_{\text{fecal}})]$ (Sniffen et al., 1992). O teor de carboidratos não fibrosos, corrigido para cinzas e proteínas (CNF) foi calculado como $100 - [(\%PB - \%PB \text{ derivada da Ureia} + \%Ureia) + \%FDN_{\text{cp}} + \%Cinzas]$, segundo adaptação de Hall (2000). Os teores de energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) foram calculados de acordo com o NRC (2001), onde $ED \text{ (Mcal/kg)} = DPB \times 5.6 + DEE \times 9.4 + FDN_{\text{cp}} \times 4.2 + DCNF \times 4.2$ e $EM \text{ (Mcal/kg)} = 1.01 \times ED - 0.45$.

2.3. Abate

Ao término do período de confinamento experimental, os animais passaram por jejum de sólidos de 16 h, sendo logo após pesados. O abate foi realizado por concussão cerebral seguida de venissecção da jugular e carótida, seguindo práticas de bem estar e abate, regulamentadas pelo MAPA (2000).

Seguido ao abate, as carcaças foram identificadas e pesadas, sendo refrigeradas a 4° C durante 24 horas. Transcorrido o resfriamento, a parte direita da carcaça foi pesada e utilizada para determinação das características de carcaça. O peso de corpo vazio (PCVZ) foi mensurado a partir da pesagem e somatório de todas as partes constituintes do corpo animal, incluindo sangue; sendo o trato gastrintestinal previamente esvaziado e lavado.

2.4. Características de Carcaça

O peso de carcaça quente e fria foi determinado após abate e após resfriamento, respectivamente, e o rendimento de carcaça individual foi definido como relação entre peso de carcaça e peso corporal obtido antes do abate. O comprimento de carcaça foi mensurado como a distância entre a porção anterior medial da primeira costela e a borda anterior do púbis, de acordo com Muller (1987). A perda por gotejamento foi determinada após resfriamento, a partir da diferença entre o peso de carcaça quente e carcaça fria.

A espessura de gordura subcutânea foi mensurada com utilização de paquímetro, a $\frac{3}{4}$ de distância a partir do lado medial para o lado lateral do músculo *Longissimus dorsi*, exposto entre 12° e 13° costelas, bem como a área de olho de lombo foi mensurada no mesmo local, utilizando um planímetro compensador, que mede áreas de objetos com formas irregulares.

Para determinação do rendimento de cortes, a carcaça direita foi separada entre a quinta e a sexta costelas, em traseiro e dianteiro. O dianteiro compreendeu os cortes acém, paleta completa com osso e ponta de agulha; enquanto o traseiro especial foi representado pelo coxão e pela alcatra completa. O rendimento dos cortes comerciais foi avaliado de forma relativa, percentagem em relação ao peso da carcaça.

2.5. Análise Estatística

Os dados foram analisados a partir de um modelo que inclui os efeitos fixos de grupo genético (Nelore e F₁ Red Angus x Nelore), níveis de glicerina bruta (5% e 15%

na base da matéria seca), interação entre estes dois fatores e peso inicial como covariável. Para cada variável resposta “outliers” foram removidos, com intuito de alcançar a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Os resíduos foram plotados contra os valores previstos, com a finalidade de avaliar a homogeneidade de variância. Médias dos quadrados mínimos foram estimadas e comparadas pelo teste de Tukey, quando efeitos foram significativos. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o procedimento MIXED UNIVARIADA do SAS 9.2 (Statistical Analysis System Institute, Inc., Cary, NC, USA), $\alpha=0,05$.

3. Resultados

Em todo estudo não houve interação ($P>0.05$) entre grupo genético e dieta, dessa forma, as variáveis foram discutidas separadamente.

3.1. Consumo e Digestibilidade Aparente Total

Animais F₁ Red Angus x Nelore (NA) e Nelore (NE) apresentaram mesmo consumo de FDNcp ($P=0.1344$) e MS em relação ao peso corporal (PC; $P=0.0820$), sendo o consumo de MS igual a 2.18 ± 0.05 % PC. Quando expresso em kg/dia, animais NA apresentaram maior consumo de MS ($P=0.0339$), MO ($P=0.0321$), PB ($P=0.0199$), EE ($P=0.0260$), CNF ($P=0.0221$) e NDT ($P=0.0268$) em relação aos animais NE (Tabela 2). Não houve efeito de grupo genético para digestibilidade da MS ($P=0.7334$), MO ($P=0.6558$), PB ($P=0.1829$), FDNcp ($P=0.7239$), EE ($P=0.2847$), CNF ($P=0.8608$) e teores de NDT ($P=0.6631$), ED ($P=0.6052$) e EM ($P=0.6014$); Tabela 3.

Não houve efeito de dieta para consumo de MS em kg/dia ($P=0.1881$) igual a 8.78 ± 0.34 Kg/dia e % PC ($P=0.1762$) igual a 2.18 ± 0.05 % PC, bem como para consumo de nutrientes ($P>0.05$); Tabela 2. A dieta não influenciou a digestibilidade da MS ($P=0.3639$), MO ($P=0.3623$), PB ($P=0.6043$), FDNcp ($P=0.7303$), CNF ($P=0.2973$) e teores de NDT ($P=0.3079$), ED ($P=0.3310$) e EM ($P=0.3394$). Animais alimentados com 15% de glicerina bruta (GB) apresentaram maior digestibilidade do EE ($P=0.2847$); Tabela 3.

3.2. Desempenho e relações com peso de corpo vazio

Animais cruzados apresentaram maior peso corporal final (PCF; $P=0.0012$), peso de corpo vazio (PCVZ; $P=0.0126$) e ganho médio diário (GMD; $P=0.0012$); animais NA ganharam 2.10 ± 0.08 kg/dia, enquanto animais NE ganharam 1.54 ± 0.09 kg/dia (Tabela 4). Ambos os grupos genéticos apresentaram mesma relação PCF: PCVZ

(P=0.7854), percentagem de gordura interna (P=0.9063), gordura visceral (P=0.0815), órgãos e vísceras (P=0.5707), bem como tecidos extra carcaça (P=0.8714); Tabela 4.

A substituição do milho por 5% GB promoveu maior GMD (P=0.0294), sendo igual a 1.94±0.07 Kg/dia, enquanto animais alimentados com 15% GB ganharam 1.69±0.08 Kg/dia. Animais alimentados com 5% GB apresentaram tendência de maior PCF (P=0.0653) e PCVZ (P=0.0596) em relação aos animais alimentados com 15% GB. Não houve efeito de dieta para relação PCF: PCVZ (P=0.5910), percentagem de gordura interna (P=0.3413), visceral (P=0.1585), órgãos e vísceras (P=0.2087), bem como tecidos extra carcaça (P=0.1013); Tabela 4.

3.3. *Características de Carcaça e Rendimento de Cortes*

Animais NA apresentaram maior peso de carcaça quente (PCQ; P=0.0249) e peso de carcaça fria (PCF; P=0.0355), comprimento de carcaça (CC; P<0.0001) e área de olho de lombo (cm²) (AOL; P=0.0211) quando comparados com animais NE. O rendimento de carcaça quente (RCQ; P=0.6710) e fria (RCF; P=0.5692), espessura de gordura subcutânea (EGS; P=0.8983), AOL/100kg (P=0.9377) e perdas por gotejamento (P=0.1097) não foram influenciadas pelo grupo genético (Tabela 5), bem como o rendimento de cortes comerciais (P=0.0754); Tabela 6.

O teor de glicerina bruta na dieta não afetou o PCQ (P=0.6212), PCF (P=0.7466), CC (P=0.2780), AOL (cm²) (P=0.9116), RCQ (P=0.1789), EGS (P=0.6775), AOL/100 kg (P=0.9064) e perdas por gotejamento (P=0.3546); O RCF foi maior nos animais alimentados com 15% GB (Tabela 5). Não houve efeito (P>0.05) do teor de glicerina bruta no rendimento dos cortes comerciais (P=0.2426); Tabela 6.

4. **Discussão**

4.1. *Consumo e Digestibilidade Aparente Total*

Diferenças no consumo entre grupos genéticos podem ser atribuídas, primordialmente, a diferenças na fisiologia, metabolismo e comportamento dos distintos grupos (Gandra et al., 2011). Rennó et al. (2005) observaram que zebuínos quando alimentados com forragem de alta qualidade apresentam menor consumo de matéria seca quando comparados com taurinos, estando esse menor consumo normalmente associado a menor capacidade do trato gastrointestinal e menor exigência para manutenção e ganho (Alves et al., 2004).

O maior consumo de nutrientes observado para animais NA é reflexo do maior CMS (kg/dia), bem como do comportamento distinto de ambos os grupos indicar diferenças na seletividade durante o arraçoamento (Marcondes et al., 2011). A

seletividade pode ser destacada pelo menor consumo de NDT dos animais NE, igual a 5.72 ± 0.28 Kg/dia. Animais NE são menos adaptados a dietas com menor teor de fibra, selecionando frações com maiores concentrações destas e menores concentrações de CNF, resultando em menor teor de NDT (Marcondes et al., 2011).

Independente do maior CMS em kg/dia dos animais NA, não foi observada diferença no CMS expresso em relação ao PC entre grupos genéticos, não comprovando a hipótese de que animais cruzados teriam maior CMS quando comparados com animais NE, este mesmo fato foi observado por Marcondes et al. (2011). De acordo com Forbes (1995), o consumo de bovinos de corte em crescimento é comparado de forma mais efetiva quando se utiliza o peso por unidade de tamanho corporal.

Fernandes et al. (2004) não encontraram diferenças na digestibilidade dos nutrientes entre animais zebuínos e seus cruzamentos e afirmaram que diferenças são encontradas quando os animais são alimentados com dietas de pior qualidade, com altos teores de fibras, sendo determinadas, eventualmente, por diferenças anatômicas e fisiológicas entre grupos genéticos. Ainda de acordo com Fernandes et al. (2004), a boa qualidade da dieta fornecida, aliada a ausência de diferenças no consumo de matéria seca, poderia explicar semelhanças nos coeficientes de digestibilidade.

A glicerina bruta é utilizada na dieta substituindo fontes energéticas tradicionais (Donkin, 2008), no caso do presente estudo, o milho. Sendo a glicerina subproduto da produção do biodiesel, sua composição pode ser variada, principalmente devido à presença de contaminantes como sais (Gunn et al., 2010a), devendo este ser considerado no momento de formulação da dieta, metanol, bem como níveis distintos de purificação. Fatores estes, que estando dentro do padrão considerado seguro, tornam a glicerina viável para uso na dieta de ruminantes, sem afetar o consumo, como observado no presente estudo.

A inclusão de glicerina bruta na dieta não promoveu variação no consumo, resultado corroborado por DeFrain et al. (2004), Chung et al. (2007) e Mach et al. (2009), podendo inferir ainda, que a inclusão de glicerina bruta promoveu manutenção da quantidade de energia bruta da dieta, mesmo com a substituição parcial do milho, uma vez que não foram observadas reduções na ingestão de NDT, ED e EM com o aumento na inclusão da glicerina (Farias et al., 2012). Para Trabue et al. (2007), a depressão no consumo associada à inclusão de glicerina na dieta ocorre devido ao acúmulo de lactato no rúmen, afetando a própria fermentação do glicerol e consequentemente reduzindo o consumo, o que possivelmente não ocorreu em nosso estudo.

Da mesma forma, a digestibilidade é o resultado da competição entre taxa de digestão e passagem, sendo a taxa de passagem positivamente correlacionada com consumo de matéria seca (Van Soest, 1994). Consumo similar para ambas as dietas, bem como a similaridade nos ingredientes utilizados poderia explicar a ausência de diferença na digestibilidade dos nutrientes entre dietas. Os resultados são consistentes com vários autores (Almeida, 2011; Elam et al., 2008; Donkin e Doane, 2007; Kerley, 2007; Schroder & Sudekum, 1999), os quais afirmam que a inclusão de glicerina bruta em até 20% da dieta total não altera a digestibilidade dos nutrientes, permitindo inferir que a glicerina e o milho são capazes de permitir ambiente ruminal semelhante para que ocorra a fermentação.

Os resultados de Faria et al. (2012) corroboram os resultados encontrados, onde a digestibilidade do extrato etéreo aumentou com maior inclusão de glicerina na dieta, não variando para demais nutrientes. Estes autores afirmam que essa diferença pode estar associada à composição da glicerina, fonte da matéria prima ou ao processo de produção do biodiesel que deu origem a glicerina utilizada. No trabalho de Almeida (2011) também houve aumento na digestibilidade do extrato etéreo, com o aumento no teor de glicerina, explicando este fato pelo aumento no teor de extrato etéreo da dieta, sem, no entanto, afetar a utilização dos nutrientes pelos microorganismos ruminais, em contrapartida, o aumento na digestibilidade do extrato etéreo pode estar relacionada, ainda, com diluição das perdas endógenas.

O teor de extrato etéreo dentro do limite adequado poderia explicar valores iguais para a digestibilidade da FDN_{cp}, uma vez que teores inadequados provocariam inibição de bactérias celulolíticas e protozoários (Almeida, 2011), além de ser barreira física para o acesso dos microorganismos ao alimento. Ribeiro et al. (2005) e Castillejos et al. (2006) observaram redução na digestibilidade da FDN quando há inclusão de glicerina. Esse fenômeno seria explicado por modificações no ambiente ruminal devido ao glicerol, reduzindo a atividade de bactérias celulolíticas sem afetar a adesão das mesmas às partículas de alimentos (Roger et al., 1992).

4.2. Desempenho e relações com peso de corpo vazio

A intenção ao cruzar animais *Bos indicus* e *Bos taurus* subside na distância genética entre estas raças, promovendo maior heterose e complementaridade das particularidades desejáveis, aproveitando a rusticidade dos animais Nelore, característica de extrema importância, quando se avalia as condições de produção vigentes no Brasil. O maior desempenho observado nos animais cruzados evidencia

resultados satisfatórios em relação a esta intenção inicial, quando estes animais são terminados em confinamento; intensificando o comentário de Calegare et al. (2009), de que programas de cruzamento podem aumentar o potencial de produção, se há combinação apropriada entre grupos genético e sistema de produção.

O melhor desempenho de animais cruzados em relação aos animais Nelore é corroborado por Marcondes et al. (2011) e Clímaco et al. (2011). De acordo com Marcondes et al. (2011), animais cruzados são mais eficientes que Nelore, quando avaliados pelo índice bionutricional, ademais deste fato, estes autores afirmam que a maior eficiência dos cruzados, não estaria relacionada estritamente ao grau de sangue, mas também ao maior desempenho, promovendo diluição dos gastos com manutenção e tornando-os mais eficientes. Adicionalmente, o melhor desempenho dos animais cruzados em relação aos puros poderia ser explicado pela seleção para ganho de peso que ocorreu em ambos os grupos genéticos, ou nos rebanhos dentro de cada raça que compõe o cruzamento (Clímaco et al., 2011).

É importante ressaltar que, apesar do menor desempenho dos animais Nelore, o ganho médio diário foi satisfatório (1.54 ± 0.09) para grande parte dos sistemas de produção, demonstrando grande potencial dos animais Nelore (Marcondes et al., 2011).

Em referência às relações com peso de corpo vazio, Owens et al. (1993) afirmaram que raças menores possuem maior percentual de órgãos e vísceras e gordura interna, o que não foi observado, possivelmente devido aos efeitos do cruzamento. Da mesma forma, Oliveira et al. (2011a) não encontraram diferenças nos depósitos de gordura visceral e interna ao comparar Nelore e cruzados.

Adicionalmente, no passado, raças zebuínas de corte, passaram por seleção com perfil de adaptação a condições ambientais adversas, como períodos de baixa disponibilidade de alimento (Oliveira et al., 2011a). Esperar-se-ia, portanto, que esses animais possuíssem menor percentagem de órgãos e vísceras quando comparados a animais cruzados, uma vez que estas condições de seleção promoveriam animais com menor metabolismo basal, com órgãos e vísceras menores e menos ativos. Uma explicação para tal resultado seria a origem dos animais Nelore utilizados, provenientes de rebanho constituído por animais mais selecionados, estando mais adaptados a um ambiente de produção favorável.

No que diz respeito à dieta, houve melhor desempenho para animais alimentados com 5% de glicerina, embora não se tenha encontrado diferenças no consumo e digestibilidade. Possivelmente, como dito anteriormente, amido e glicerol promovem

ambiente equivalente para fermentação ruminal, havendo, contudo, disparidades no metabolismo, as quais explicariam diferenças no desempenho.

A inclusão de glicerina no nível de 15% reduziu o desempenho dos animais. Parsons et al. (2009) e Elam et al. (2008) afirmaram que acima de 8% de inclusão há modificações negativas na microbiota e conseqüentemente, redução no consumo, enquanto Farias et al. (2012) atribuem redução no peso final e ganho diário a qualidade da glicerina utilizada, fatos estes que não podem explicar o menor desempenho dos animais alimentados com maior teor de glicerina no presente estudo.

Dados na literatura são conflitantes quanto ao metabolismo do glicerol, após ingestão, quando utilizado como macro ingrediente em dietas para ruminantes (Khalili et al., 1997; Schroder & Sudekum, 1999; Defrain et al., 2004; Donkin & Doane, 2007; Trabue et al.; 2007; Donkin, 2008; Mach et al., 2009), havendo discrepâncias quanto ao efeito do glicerol na proporção de ácidos graxos voláteis, bem como quantidade de glicerol que é fermentada no rúmen e a quantidade que passa intacta para ser metabolizada no fígado. Caso o glicerol não seja fermentado no rúmen, em relação a equivalentes tradicionais, como propionato, possui vantagem metabólica, uma vez que entra na via gliconeogênica ao nível de triose fosfato (Leng, 1970; Krehbiel, 2008), ou seja, metabolicamente mais próximo da glicose.

É consenso geral que a maior parte do amido ingerido é convertida em propionato no rúmen, enquanto há, ainda, controvérsia sobre a proporção do glicerol que é fermentado no rúmen e que é absorvida pela parede ruminal ou flui para o abomaso. A relação entre glicerol que não é metabolizado no rúmen ou que flui para o abomaso ou é absorvido pelo epitélio ruminal parece determinar a capacidade gliconeogênica deste (Defrain et al., 2004) e conseqüentemente, variações na eficiência de utilização do amido e glicerol e conseqüentemente no desempenho.

Diante do exposto, ao considerar ambiente ruminal saudável para fermentação, ou seja, dietas que não tenham interferido no consumo e digestibilidade dos nutrientes, é possível inferir que o menor desempenho observado nos animais alimentados com maior quantidade de glicerina residiria no fato de que em maior proporção na dieta e possivelmente, em sua maioria fermentado no rúmen, em detrimento da entrada direta na via gliconeogênica, este geraria menor quantidade de energia para crescimento microbiano, uma vez que o amido produz em torno de 4.5 ATP's para crescimento microbiano, enquanto o glicerol em torno de 2.0 ATP's, ou seja, menos eficiente, o que refletiria em menor desempenho.

Por outro lado, a maior presença de glicerol na dieta pode ter alterado a fermentação do amido no rúmen, reduzindo sua passagem e absorção no intestino e, logo, resultando em pior desempenho, sendo interessante mais estudos, para dizer se dietas com maiores teores de glicerina teriam efeito somente no metabolismo do glicerol, ou haveria interação entre glicerol e amido, modificando a fermentação do amido no rúmen.

Órgãos e vísceras podem sofrer variação no tamanho de acordo com a dieta. No entanto, esta variação fica mais evidente quando animais são alimentados com dietas contendo proporções diferentes de volumosos e concentrados (Véras et al., 2001). No presente estudo, o único fator que diferiu entre dietas foi o teor de glicerina bruta; ao substituir milho por este componente esperar-se-ia que não houvesse modificações nos órgãos e vísceras, uma vez que ambas as dietas tinham a mesma proporção de volumoso e concentrado.

Além da carcaça, existem componentes aproveitados no processamento industrial e/ou utilizados para fins secundários. Estes tecidos não são de importância primária para o produtor, uma vez que este não recebe por eles, entretanto, podem apresentar estreita relação inversa com rendimento de carcaça (Carvalho et al., 2005). A avaliação destes componentes é importante em virtude da sua relação com o requerimento energético, principalmente de manutenção (Owens et al., 1993); e a ausência de diferenças entre grupos genéticos e entre dietas para percentagem de componentes extra carcaça é indicador de que ambos os grupos e dietas podem ser utilizados, sem perda para o produtor, em relação a tecidos de importância secundária.

4.3. Características de Carcaça e Rendimento de Cortes

Características de carcaça são influenciadas pelo crescimento e desenvolvimento do animal, que podem ser definidos como acúmulo de massa e mudanças na forma, respectivamente (Berg & Butterfield, 1976).

É interessante destacar que ao observar o mesmo consumo e digestibilidade da dieta, bem como a mesma percentagem de tecidos extra carcaça, pode-se inferir que a diferença de peso final entre grupos genéticos é provavelmente devido ao maior peso de carcaça dos animais NA; o que pode ser importante ao se considerar o grupo genético que será utilizado em dado sistema de produção. Em suma, animais cruzados ganharam mais peso durante confinamento, resultando em maior peso de carcaça.

Nossos resultados são corroborados por Oliveira et al. (2011b), que trabalhando com animais NE e cruzados F₁ Red Angus x Nelore, observaram menor peso e

comprimento de carcaça e menor área de olho de lombo (cm^2) nos animais NE; bem como mesmo rendimento de carcaça e área de olho de lombo /100 Kg entre animais puros e cruzados. Em contrapartida, observaram maior espessura de gordura subcutânea na carcaça de animais cruzados.

Ao considerar que animais Red Angus são de pequeno porte, pode-se inferir que o cruzamento com animais NE pode ter resultado em incremento no tamanho destes animais, resultando em maior comprimento de carcaça quando comparados aos animais puros, de ambas as raças. Vaz & Restle (2001) encontraram maior comprimento de carcaça para animais cruzados, evidenciando heterose nesta característica.

O rendimento de carcaça semelhante entre grupos genéticos pode ser explicado pelo abate determinado pelo tempo de confinamento. De acordo com Euclides Filho et al. (1997), diferenças no rendimento de carcaça de diferentes grupos genéticos somente são evidenciadas quando o abate ocorre por ocasião de grau de acabamento pré definido. Neste caso, animais mais tardios apresentariam carcaças com maior peso, e provavelmente maior rendimento. Seguindo o mesmo raciocínio, animais de menor peso a maturidade apresentariam maior grau de acabamento, o que mais uma vez, aumentaria o rendimento.

Ademais, uma das características que mais possuem impacto sobre o rendimento de carcaça é a espessura de gordura subcutânea, podendo atribuir o mesmo rendimento para animais puros e cruzados, a ausência de diferença desta característica. Animais Nelore depositam proteína em menor intensidade, porém, por períodos mais prolongados, podendo ser considerados mais tardios, ou seja, possuem menor taxa de maturação em relação a animais taurinos (Barbosa, 1999). Esperar-se-ia que animais cruzados fossem mais precoces em depositar gordura, quando comparados com Nelore, o que não foi observado no presente estudo. Uma das possíveis explicações para esta observação seria que, sendo animais jovens, inteiros e com alto ganho de peso no momento do abate, ambos estariam ainda em fase de intensa deposição de tecido muscular, apesar da espessura de gordura adequada para serem abatidos. No final do experimento todos os animais apresentaram acabamento adequados ($\sim 5.00 \pm 0.55 \text{mm}$), satisfazendo os requisitos do mercado brasileiro que preconiza mínimo de 3.00 mm de espessura de gordura subcutânea na carcaça (Luchiari Filho, 2000).

Animais cruzados apresentaram maior área de olho de lombo, em relação aos animais puros, evidenciando a maior seleção de raças taurinas, permitindo serem mais especializadas para a produção de carne. Esta característica imprime ao animal capacidade de produção de carcaças mais musculosas, quando comparados a zebuínos,

uma vez que os últimos apresentam menor deposição de tecido muscular, em dado momento fisiológico, quando comparados aos taurinos e seus cruzamentos (Morales et al., 2002).

Exceto pelo rendimento de carcaça fria, não houve efeito de dieta nas características de carcaça e escassos estudos (Verseman et al., 2008; Mach et al., 2009; Parsons et al., 2009; Elam et al., 2008; Moriel et al., 2011) não têm claramente definido o efeito da adição de glicerina e seus níveis nas características de carcaça. Verseman et al. (2008), Gunn et al. (2010b), Mach et al. (2009), Elam et al. (2008) não encontraram diferenças nas características de carcaça, em dietas com adição de glicerina em substituição ao milho em até 20%.

É possível que o maior rendimento de carcaça fria nos animais alimentados com 15% de glicerina bruta possa estar relacionada com os 3 kg a menos perdidos após refrigeração. Dentre várias utilizações do glicerol, existe a prevenção da desidratação, como modificador da osmose. Este componente está naturalmente presente no corpo como componente dos depósitos de gordura e quando é realizada a administração exógena, pode aumentar a concentração de líquido no sangue e tecidos, sendo muitas vezes utilizado para retenção de água nas células de bovinos durante transporte, ademais, desempenha papel de substrato metabólico para gliconeogênese no fígado (Lehninger et al., 1993), prevenindo, ainda, degradação de proteína, ao produzir glicose.

Devido ao maior peso de carcaça, animais cruzados deveriam apresentar maior rendimento de cortes comerciais, fato este não observado. Oliveira et al. (2011b) também não encontraram diferenças no rendimento de cortes entre animais Nelore e cruzados, dados estes contrários aos de May et al. (1992) que a partir de revisão, concluíram que animais europeus possuem maior rendimento de cortes quando comparados aos zebuínos.

Adicionalmente, animais inteiros, de maneira geral, têm diferenciação na proporção de dianteiro e traseiro, mais intensificada devido ação de hormônios masculinos (testosterona). Esta afirmação pode ser observada no presente estudo, onde os animais, de todos os tratamentos apresentaram maior quantidade de carne no dianteiro, em detrimento de cortes nobres do traseiro.

5. Conclusão

O cruzamento entre animais Nelore e Red Angus promove melhoria no desempenho, peso e comprimento de carcaça, bem como na área de olho de lombo.

A inclusão de 15% glicerina bruta na dieta reduz o ganho de peso de animais inteiros Nelore puros ou cruzados com Red Angus.

6. Referências

- Abughazaleh, A.A., El-Nor, S.A., Babu, R., 2008. The effect of replacing corn with glycerol on rumen fermentation and fiber digestibility. *J. Anim. Sci.*, 86, 474.
- Almeida, V.V.S., 2011. Glicerina bruta em suplementos para novilhas mestiças em pastagens. Viçosa, *Doctor Scientiae*, Universidade Federal de Viçosa.
- Alves, D.D., Paulino, M.F., Backes, A.A., Valadares Filho, S.C., Rennó, L.N., 2004. Características de carcaça de bovinos Zebu e cruzados Holandês-Zebu (F₁) nas fases de recria e terminação. *Rev. Bras. Zootec.* 33, 1274-1284.
- AOAC, 1990. Official methods of analysis, 15th edition. Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Arlington, VA.
- Associação Brasileira de Inseminação Artificial, 2011. Relatórios de Comercialização de Sêmen (Online). <http://www.asbia.org.br> (accessed 8.15.2012).
- Barbosa, P.F., 1999. Raças e estratégias de cruzamento para produção de novilhos precoces. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1999, Viçosa. Anais... Viçosa: Suprema, 1-19.
- Berg, R.T., Butterfield, R.M., 1976. New concepts of cattle growth. Sydney University Press, Sydney, 240.
- Calegare, L., Alencar, M. M., Packer, I. U., Leme, P. R., Ferrell, C. L., Lanna, D. P. D., 2009. Preweaning performance and body composition of calves from straightbred Nellore and *Bos taurus* × Nellore crosses. *J. Anim. Sci.* 87, 1814-1820.
- Carvalho, J.R.R., 2011. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de tourinhos alimentados com diferentes níveis de glicerina bruta. Lavras: *Magister Scientiae*, Universidade Federal de Lavras.
- Carvalho, S., Vergueri, A., Kieling, R., Teixeira, R.C., Pivato, J., Viero, R., Cruz, A.N., 2005. Avaliação da suplementação concentrada em pastagem de Tifton-85 sobre os componentes não carcaça de cordeiros. *Cienc. Rural.* 35, 435-439.
- Casali, A.O., E. Detmann, S. C., Valadares Filho, J. C., Pereira, L. T., Henriques, S. G. Freitas, Paulino, M.F., 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. *Rev. Bras. Zootec.* 37, 335-342.
- Castillejos, L., Calsamiglia, S., Ferret, A., 2006. Effect of essential oils active compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in in vitro systems. *J. Dairy Sci.* 89, 2649-2658.
- Chung, Y. H., Rico, D. E., Martinez, C. M., Cassidy, T. W., Noirot, V., Ames, A., Varga, G. A., 2007. Effects of feeding dry glycerin to early postpartum Holstein dairy cows on lactational performance and metabolic profiles. *J. Dairy Sci.* 90, 5682-5691.
- Clímaco, S.M., Ribeiro, E.L.A., Mizubuti, I.Y., Silva, L.D.F., Barbosa, M.A.A., Bridi, A.M., 2011. Desempenho e características de carcaça de bovinos de corte de quatro grupos genéticos terminados em confinamento. *Rev. Bras. Zootec.* 40, 1562-1567.
- Crouse, J. D., Cundiff, L. V., Koch, R. M., Koohmaraie, M., & Seideman, S. C., 1989. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. *J. Anim. Sci.*, 67, 2661-2668.

- DeFrain, J.M., Hippen, A.R., Kalscheur, K.F., Jardon, P.W., 2004. Feeding glycerol to transition dairy cows: effects on blood metabolites and lactation performance. *J. Dairy Sci.* 87, 4195–4206.
- Donkin, S.S., 2008. Glycerol from biodiesel production: the new corn for dairy cattle. *Rev. Bras. Zootec.* 37, 280-286.
- Donkin, S.S., Doane, P., 2007. Glycerol as a Feed Ingredient in Dairy Rations (Online). <http://tristatedairy.osu.edu/Proceedings%202007/Donkin%20paper.pdf> (accessed 11.15.2012).
- Drouillard, J.S., 2008. Glycerin as a feed for ruminants: using glycerin in high-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 86, 392.
- Elam, N.A., Eng, K.S., Bechtel, B., Harris, J.M., Crocker, R., 2008. Glycerol from Biodiesel Production: Considerations for feedlot diets. *Proceedings of the Southwest Nutrition Conference*. Tempe, AZ, 21.
- Euclides Filho, K., Euclides, V.P.B., Figueiredo, G.R., Oliveira, M.P., 1997. Efeito da suplementação com concentrado sobre idades de abate e características de carcaça de bovinos nelore. *Rev. Bras. Zootec.* 26, 1096-1102.
- Farias, M.S., Prado, I.N., Valero, M.V., Zawadzki, F., Silva, R.R., Eiras, C.E., Rivaroli, D.C., Lima, B.S., 2012. Níveis de glicerina para novilhas suplementadas em pastagens: desempenho, ingestão, eficiência alimentar e digestibilidade. *Semina ciênc. agrar.* 33, 1177-1188.
- Felício, P.E. Fatores ante e post-mortem que influenciam na qualidade da carne bovina In: *SIMPÓSIO SOBRE PECUÁRIA DE CORTE*, 4., Piracicaba, 1997. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 79-97.
- Ferraz, J. B. S., & Felício, P. E. D., 2010. Production systems - an example from Brazil. *Meat Sci.*, 84, 238-243.
- Fernandes, H.J., Paulino, M.F., Martins, R.G.R., Valadares Filho, S.C., Torres, R.A., Paiva, L.M., Kling De Moraes, G.F.B., 2004. Ganho de Peso, Conversão Alimentar, Ingestão Diária de Nutrientes e Digestibilidade de Garrotes Não-Castrados de Três Grupos Genéticos em Recria e Terminação. *Rev. Bras. Zootec.* 33, 2403-2411.
- Forbes, J.M., 1995. *Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals*. CAB International, Oxon. 532.
- Gandra, J.R., Freitas JR, J.E., Barletta, R.V., Maturana Filho, M., Gimenes, L.U., Vilela, F.G., Baruselli, P.S., Rennó, F.P., 2011. Productive performance, nutrient digestion and metabolism of Holstein (*Bos taurus*) and Nellore (*Bos taurus indicus*) cattle and Mediterranean Buffaloes (*Bubalis bubalis*) fed with corn-silage based diets. *Livest. Sci.* 140, 283–291.
- Garcia, L. G., Nicholson, K. L., Hoffman, T. W., Lawrence, T. E., Hale, D. S., Griffin, D. B., Savell, J.W., Vanoverbeke, D.L., Morgan, J.B., Belk, K.E., Field,

- T.G., Scanga, J.A., Tatum, J.D., Smith, G.C., 2008. National Beef Quality Audit 2005: Survey of targeted cattle and carcass characteristics related to quality, quantity, and value of fed steers and heifers. *J. Anim. Sci.*, 86, 3533-3543.
- Gunn, P.J., Schultz, A.F., Van Emon, M.L., Neary, M.K., Lemenager, R.P., Rusk, C.P., Lake, S.L., 2010a. Effects of Elevated Crude Glycerin Concentrations on Feedlot Performance, Carcass Characteristics, and Serum Metabolite and Hormone Concentrations in Finishing Ewe and Wether Lambs. *The Professional Animal Scientist* 26, 298-306.
- Gunn, P. J., Neary, M. K., Lemenager, R. P., Lake, S. L., 2010b. Effects of crude glycerin on performance and carcass characteristics of finishing wether lambs. *J. Anim. Sci.* 88, 1771-1776.
- Hess, B.W., Lake, S.L., Gunter, S.A., 2008. Using glycerin as a supplement for forage-fed ruminants. *J. Anim. Sci.* 86, 392-393.
- Highfill, C.M., Esquivel-Font, O., Dikeman, M.E., Kropf, D.H., 2012. Tenderness profiles of ten muscles from F₁ *Bos indicus* x *Bos taurus* and *Bos taurus* cattle cooked as steaks and roasts. *Meat Sci.* 90, 881-886.
- Khalili, H., Varvikko, T., Toivonen, V., Hissa, K., Suvitie, N., 1997. The effects of adding glycerol or unprotected free fatty acids or a combination of two on silage intake, milk production, rumen fermentation and diet digestibility in cows given grass silage base diets. *Agric. Food Sci. Finl.* 5/6, 349–362.
- Kerley, M.C., 2007. Could glycerin – a biodiesel byproduct – be used as a cattle feed? *Sci. Daily*. <http://www.sciencedaily.com/releases/2007/05/070525090245.htm> (accessed 10.9.2011).
- Krehbiel, C.R., 2008. Ruminal and physiological metabolism of glycerin. *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl.2), 392.
- Lehninger, A.L., Nelson, D.L. e Cox, M.M., 1993. *Principles of Biochemistry*. 2th editions. Worth Publishers, New York, NY.
- Leng, R. A., 1970. Glucose synthesis in ruminants. *Adv. Vet. Sci. Comp. Med.* 14, 241-242.
- Licitra, G., Hernandez, T. M., Van Soest, P. J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57, 347–358.
- Luchiari Filho, A., 2000. *Pecuária da carne bovina*. 1th edition. São Paulo, 134.
- Mach, N., Bach, A., Devant, M., 2009. Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 87, 632-638.
- Marcondes, M.I., Valadares Filho, S.C., De Oliveira, I.M., Paulino, P.V.R., Valadares, R.F.D., Detmann, E., 2011. Eficiência alimentar de bovinos puros e mestiços recebendo alto ou baixo nível de concentrado. *Rev. Bras. Zootec.* 40, 1313-1324.
- May, S. G., Edwards, J. W., Williams, F. L., Wise, J.W., Harris, J.J., Savell, J.W., Cross, H.R., 1992. Beef carcass composition of slaughter cattle differing in frame size, muscle score, and external fatness. *J. Anim. Sci.* 70, 2431-2445.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2000. Instrução Normativa número 3 de 17.01.2000-Technical Regulation of Methods for Humane Slaughtering of Livestock(Online).<http://www.agricultura.gov.br/animal/produtos-veterinarios/legislacao> (accessed 5.20.2009).

- Mertens, D. R., 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. *J. AOAC Int.* 85, 1217–1240.
- Morales, D.C., Chardulo, L. A. L., Silveira, A.C., Oliveira, H.N., Arrigoni, M.B., Martins, C.L., Vervieri, R.C., 2002. Características de qualidade de carne de bovinos de corte de diferentes tamanhos à maturidade submetidos ao sistema superprecoce. *Acta Sci.* 24, 1-2.
- Moriel, P., Nayigihugu, V., Cappelozza, B. I., Gonçalves, E. P., Krall, J. M., Foulke, T., Cammack, K. M., Hess, B. W., 2011. Camelina meal and crude glycerin as feed supplements for developing replacement beef heifers. *J. Anim. Sci.* 89, 4314-4324.
- Muller, L., 1987. Normas para avaliação de carcaças e concursos de carcaças de novilhos, 2th edition. UFSM, Santa Maria. 31.
- National Research Council, 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th rev. ed. Natl. Acad. Press., Washington, DC. 381.
- Oliveira, I.M., Paulino, P.V.R., Marcondes, M.I., Valadares Filho, S.C., Detmann, E., Cavali, J., Duarte, M.D.S., Mezzomo, R., 2011a. Pattern of tissue deposition, gain and body composition of Nellore, F1 Simmental × Nellore and F1 Angus × Nellore steers fed at maintenance or *ad libitum* with two levels of concentrate in the diet. *Rev. Bras. Zootec.* 40, 2886-2893.
- Oliveira, I.M., Paulino, P.V.R., Valadares Filho, S.C., Detmann, E., Paulino, M.F., Gomide, L.A.M., Duarte, M.D.S., Couto, V.R.M., 2011b. Carcass traits of Nellore, F1 Simmental × Nellore and F1 Angus × Nellore steers fed at maintenance or *ad libitum* with two concentrate levels in the diet. *Rev. Bras. Zootec.* 40, 2938-2946.
- Owens, F.N., Dubeski, P., Hanson, C.F., 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. *J. Anim. Sci.* 71, 3138-3150.
- Parsons, G. L., Shelor, M. K., Drouillard, J. S., 2009. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. *J. Anim. Sci.* 87, 653–657.
- Pyatt, N. A., Doane, P. H., Cecava, M. J., 2007. Effect of crude glycerin in finishing cattle diets. *J. Anim. Sci.* 85(Suppl.1), 530.
- Rennó, L.N., Valadares Filho, S.C., Valadares, R.F.D., Cecon, P.R., Backs, A.A., Alves, D.D., Silva, P.A., 2005. Níveis de uréia na ração de novilhos de quatro grupos genéticos: consumo e digestibilidades totais. *Rev. Bras. Zootec.* 34, 1775-1785.
- Ribeiro, C.V.D.M., Karnati S. K. R., Eastridge. M. L., 2005. Biohydrogenation of fatty acids and digestibility of fresh alfalfa or alfalfa hay plus sucrose in continuous culture. *J. Dairy Sci.* 88, 4007–4017.
- Roger, V., Fonty, G., Andre, C., Gouet, P., 1992. Effects of glycerol on the growth, adhesion, and cellulolytic activity of rumen cellulolytic bacteria and anaerobic fungi. *Curr. Microbiol.* 25, 197–201.
- SAS, 2009. SAS User's Guide: Statistics. SAS for Windows. Release 9.2. SAS Institute Inc., Cary NC.
- Schroder, A., Sudekum, H.K., 1999. Glycerol as a by-product of the biodiesel production in diets for ruminants. 10th International Rapeseed Congress. Canberra, Australia. <http://www.regional.org.au/au/gcirc/1/241.htm> (accessed 5.29.2012).

- Serrano, R.D.C., 2011. Glicerina bruta e ureia de liberação lenta na alimentação de bovinos de corte. Maringá: *Doctor Scientiae*, Universidade Estadual de Maringá.
- Sniffen, C. J., O'Connor, J. D., Van Soest, P. J., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70, 3562–3577.
- Trabue, S., Scoggin, K., Tjandrakusuma, S., Rasmussen, M.A., Reilly, P.J., 2007. Ruminant Fermentation of Propylene Glycol and Glycerol. *J. Agric. Food Chem.* 55, 7043-7051.
- Valadares Filho, S.C., Marcondes, M. I., Chizzotti, M.L; Paulino, P.V.R., 2010. Exigências nutricionais de puros e cruzados – BR-CORTE. Suprema Gráfica Ltda. 193.
- Van Soest, P. J., 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*, 2th editions. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY. 476.
- Vaz, F.N., Restle, J., 2001. Efeito de raça e heterose para características de carcaça de novilhos da primeira geração de cruzamento entre Charolês e Nelore. *Rev. Bras. Zootec.* 30, 409-416.
- Véras, A.S.C., Valadares Filho, S.C., Silva, J.F.C., Paulino, M.F., Cecon, P.R., Valadares, R.F.D., Ferreira, M.A., Fontes, C.M.F., 2001. Efeito do nível de concentrado sobre o peso dos órgãos internos e do conteúdo gastrintestinal de bovinos Nelore não-castrados. *Rev. Bras. Zootec.* 30, 1120-1126.
- Verseman, B.A., Wiegand, B.R., Kerley, M.S., Porter, J.H., Roberts, K.S., Evans, H.L., 2008. Dietary inclusion of crude glycerol changes beef steer growth performance and intramuscular fat deposition. *J. Anim. Sci.* 86, 478.
- Wheeler, T. L., Cundiff, L. V., & Koch, R. M., 1994. Effects of marbling degree on beef palatability in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *J. Anim. Sci.* 72, 3145-3151.
- Whipple, G., Koohmaraie, M., Dikeman, M. E., Crouse, J. D., Hunt, M. C., & Klemm, R. M. (1990). Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *J. Anim. Sci.* 68, 2716–2728.

7. Tabelas

Tabela 1 - Dieta experimental e composição dos nutrientes analisados, na base da MS seca, em função da inclusão de glicerina na dieta

Item	Níveis de Glicerina na Dieta (% da MS)	
	5	15
Ingredientes (% da MS)		
Silagem de Milho	50.00	50.00
Milho Moído	34.80	23.10
Farelo de Soja	7.15	7.15
Glicerina Bruta	5.00	15.00
Ureia/Sulfato de Amônia	1.00	1.00
Sal Mineral ¹	0.50	0.60
Glúten de Milho	0.90	2.55
Calcário	0.65	0.60
Composição dos Nutrientes Analisados (% da MS)		
MO	95.68	94.81
Carboidratos Não Fibrosos	51.35	51.53
PB	13.17	13.24
FDNcp ²	31.37	29.99
Extrato Etéreo	3,30	3,57
Cinzas	4,32	5,19

¹Composição: 41.66 % Fosfato Dicálcio; 56.79% Sal; 0.20% Sulfato de Cobre; 1.19% Sulfato de Zinco; 0.03% Iodato de Potássio; 0.05% Sulfato de Cobalto; 0.08% Selenito de Sódio. Composição Mineral (por kg): 31.5g P; 31g S; 95g Na; 50g Mg; 1200 mg Mn; 3000 mg Zn; 600mg Fe; 600 mg Cobre; 36mg I; 10mg Se. ²FDNcp = Fibra em Detergente Neutro corrigida para cinza e proteína.

Tabela 2-Consumo dos constituintes da dieta de bovinos F₁ Red Angus x Nelore (NA) e Nelore (NE) alimentados com glicerina bruta

Item	GG ¹		Dieta ²		Valor -P		
	NA	NE	5%	15%	GG	Dieta	GGxDieta
Kg/Dia							
MS	9.43±0.36	8.11±0.39	9.11±0.33	8.44±0.35	0.0339	0.1881	0.7928
MO	8.99±0.35	7.72±0.37	8.71±0.32	8.00±0.33	0.0321	0.1458	0.8001
PB	1.32±0.05	1.11±0.06	1.26±0.05	1.16±0.05	0.0199	0.1575	0.8783
FDNcp	2.81±0.11	2.54±0.11	2.81±0.10	2.54±0.11	0.1344	0.0769	0.5354
EE	0.34±0.01	0.29±0.01	0.32±0.01	0.31±0.01	0.0260	0.6467	0.6839
CNF	4.85±0.19	4.08±0.21	4.62±0.18	4.32±0.19	0.0221	0.2637	0.8257
NDT	6.74±0.27	5.72±0.28	6.37±0.25	6.09±0.26	0.0268	0.4547	0.8245
% Peso Corporal							
MS	2.26±0.05	2.10±0.06	2.23±0.05	2.13±0.05	0.0820	0.1762	0.5149

¹Grupo Genético; ²Glicerina Bruta: 5% e 15% de substituição do milho na matéria seca total.

Tabela 3-Digestibilidade aparente total, nutrientes digestíveis totais, energia digestível e metabolizável da dieta de Bovinos F₁ Red Angus x Nelore (NA) e Nelore (NE) alimentados com glicerina bruta

Item	GG ¹		Dieta ²		Valor -P		
	NA	NE	5%	15%	GG	Dieta	GGxDieta
% MS							
MS	65.48±1.59	64.61±1.69	64.05±1.46	66.04±1.54	0.7334	0.3639	0.8500
MO	67.65±1.68	66.44±1.79	66.00±1.54	68.10±1.63	0.6558	0.3623	0.9314
PB	69.57±1.95	65.29±2.07	68.12±1.79	66.74±1.89	0.1829	0.6043	0.3321
FDN _{cp}	46.78±2.54	48.23±2.70	46.91±2.33	48.10±2.46	0.7239	0.7303	0.7677
EE	78.78±1.72	75.78±1.83	74.56±1.58	80.00±1.67	0.2847	0.0300	0.5913
CNF	80.53±2.21	79.91±2.35	78.63±2.03	81.81±2.14	0.8608	0.2973	0.8434
NDT	71.69±1.71	70.49±1.82	69.89±1.57	72.30±1.66	0.6631	0.3079	0.9930
Mcal/kg de MS							
ED	3.15±0.07	3.08±0.08	3.07±0.07	3.16±0.07	0.6052	0.3310	0.9761
EM	2.73±0.07	2.67±0.08	2.65±0.07	2.75±0.07	0.6014	0.3394	0.9677

¹Grupo Genético; ²Glicerina Bruta: 5% e 15% de substituição do milho na matéria seca total.

Tabela 4-Peso de corpo vazio (PCVZ), peso corporal final (PCF), ganho médio diário (GMD) e relações com PCVZ de bovinos F₁ Red Angus x Nelore (NA) e Nelore (NE) alimentados com glicerina bruta

Item	GG ¹		Dieta ²		Valor -P		
	NA	NE	5%	15%	GG	Dieta	GGxDieta
PCI ³	340.79	321.04	333.58	328.25	-	-	-
PCF	517.50±6.56	450.46±6.99	497.04±6.0	470.92±6.3	0.001	0.065	0.798
GMD	2.10±0.08	1.54±0.09	1.94±0.07	1.69±0.08	0.001	0.029	0.723
PCVZ	466.14±7.1	416.41±7.6	455.45±6.57	439.15±6.93	0.012	0.059	0.690
PCF: PCVZ	0.92±0.006	0.93±0.007	0.92±0.006	0.93±0.006	0.785	0.591	0.494
Relações com Peso de Corpo Vazio (%)							
G. Interna	1.13±0.07	1.15±0.08	1.19±0.06	1.09±0.07	0.906	0.343	0.497
G. Visceral	3.16±0.22	3.82±0.24	3.27±0.21	3.71±0.21	0.081	0.1585	0.300
Órgãos/Visceras	14.79±0.44	14.39±0.46	14.21±0.40	14.98±0.42	0.570	0.207	0.931
T. Extra carcaça	20.04±0.45	20.15±0.48	20.62±0.42	19.57±0.44	0.8714	0.103	0.708

¹Grupo Genético; ²Glicerina Bruta: 5% e 15% de substituição do milho na matéria seca total.

Tabela 5-Características de carcaça de bovinos F₁ Red Angus x Nelore (NA) e Nelore (NE) alimentados com glicerina bruta

Item ¹	GG ²		Dieta ³		Valor -P		
	NA	NE	5%	15%	GG	Dieta	GGxDieta
PCQ	310.42±4.96	270.77±5.28	295.93±4.55	285.26±4.81	0.024	0.621	0.719
PCF	302.69±5.23	265.33±5.57	287.84±4.80	280.18±5.07	0.035	0.746	0.690
RCQ	59.83±0.56	60.21±0.59	59.50±0.51	60.54±0.54	0.671	0.178	0.585
RCF	58.40±0.52	58.89±0.56	57.88±0.48	59.40±0.51	0.569	0.045	0.878
CC	136.13±0.86	129.27±0.91	132.84±0.79	131.56±0.83	<0.0001	0.278	0.603
EGS	4.88±0.56	4.99±0.59	4.78±0.51	5.09±0.54	0.898	0.677	0.166
AOL (cm ²)	80.96±2.41	71.14±2.57	77.73±2.21	74.37±2.34	0.021	0.911	0.788
AOL/100kg	2684±0.93	26.80±0.99	27.16±0.85	26.47±0.90	0.937	0.906	0.870
PG	2.09±0.06	2.28±0.07	2.14±0.07	2.23±0.07	0.109	0.354	0.719

¹Peso de carcaça quente (PCQ); Peso de carcaça fria (PCF); Rendimento de carcaça quente (RCQ); Rendimento de carcaça fria (RCF); Comprimento de carcaça (CC); Espessura de gordura subcutânea (EGS); Área de olho de lombo (AOL); Perdas por gotejamento (PG). ²Grupo Genético. ³Glicerina Bruta: 5% e 15% de substituição do milho na matéria seca total.

Tabela 6-Rendimento de cortes (% da ½ carcaça) de bovinos F₁ Red Angus x Nelore (NA) e Nelore (NE) alimentados com glicerina bruta

Item	GG ¹		Dieta ²		Valor -P		
	NA	NE	5%	15%	GG	Dieta	GGxDieta ^a
Acém	23.20±0.65	24.38±0.59	24.14±0.56	23.45±0.51	0.254	0.393	0.653
Coxão	28.10±0.32	27.14±0.35	27.62±0.30	27.62±0.31	0.077	0.989	0.409
Alcatra	17.96±0.29	18.20±0.31	18.32±0.27	17.85±0.28	0.605	0.242	0.504
Paleta	18.21±0.30	17.30±0.32	17.59±0.28	17.91±0.29	0.075	0.439	0.529
*P. A.	13.18±0.25	12.77±0.23	12.82±0.21	13.13±0.20	0.303	0.316	0.248
Traseiro	46.06±0.43	45.34±0.46	45.94±0.40	45.46±0.42	0.305	0.421	0.857
Dianteiro	53.94±0.43	54.66±0.46	54.06±0.40	54.54±0.42	0.305	0.421	0.857

¹Grupo Genético; ²Glicerina Bruta: 5% e 15% de substituição do milho na matéria seca total. *Ponta de Agulha.

CAPÍTULO II

Características Qualitativas da Carne de Animais Nelore e F₁ Red Angus x Nelore Alimentados com Glicerina Bruta

RESUMO: Foram avaliadas características qualitativas do músculo *L. dorsi* de dois grupos genéticos: Nelore e F₁ Red Angus x Nelore, alimentados com 5% e 15% de glicerina bruta na dieta. A concentração de glicose sanguínea foi maior em animais Nelore (P=0.0097) e não foi influenciada pela dieta (P=0.9573). Não foram influenciados pelo grupo genético (P=0.0908) e teor de glicerina bruta (P=0.0733): insulina sérica, pH e temperatura final, frequência das fibras musculares e área de fibras tipo IIB, medidas objetivas de cor, força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar, perda de exsudado, bem como teor de extrato etéreo, cinzas e água. A área das fibras tipo I não diferiu entre grupos genéticos (P=0.0521) e foi maior no músculo de animais alimentados com 15% de glicerina (P=0.0244). A área das fibras tipo IIA foi maior no *L. dorsi* de animais NA (P=0.0002) e alimentados com 15% glicerina bruta (P=0.0068). A solubilidade de colágeno foi maior na carne de animais NA (P<0.0001), não havendo efeito de dieta para esta variável (P=0.1146). Houve interação entre grupo genético e dieta na quantidade de colágeno total (P=0.0002) da carne. O teor de proteína foi maior na carne de animais alimentados com 15% de glicerina (P=0.0468) e não foi influenciado pelo grupo genético (P=0.2197). A inclusão de glicerina bruta na dieta não afeta a qualidade da carne. É possível produzir carne com características qualitativas desejáveis a partir de animais F₁ Red Angus x Nelore e Nelore.

Palavras-chave: colágeno, cor, insulina, fibra, maciez

1. Introdução

O rebanho bovino brasileiro é composto basicamente de animais *Bos indicus* (Ferraz & Felício, 2010), que são extremamente adaptáveis, no entanto, associados à criação extensiva a pasto, contribuindo para imagem negativa da carne brasileira, como proveniente de animais velhos, com aspectos qualitativos indesejáveis, sendo a maciez o quesito mais questionado. Diante do exposto, observa-se interesse crescente pelo conhecimento a cerca do cruzamento entre *Bos indicus* e *Bos taurus*, visando, entre outros fatores, melhorar de forma qualitativa a produção de carne. A raça Red Angus teve um aumento de 370,41% (ASBIA, 2011) na comercialização de sêmen nos últimos cinco anos, demonstrando claramente sua importância no cenário atual.

Crouse et al. (1989), Whipple et al. (1990), Wheeler et al. (1994), Garcia et al. (2008) e Highfill et al. (2012) encontraram menor pontuação de marmoreio para animais com sangue zebu, bem como maior valor de força de cisalhamento, enquanto Oliveira et al. (2011) encontraram força de cisalhamento similar e adequada para animais zebuínos. Deste modo, existem controvérsias em relação a real influencia do grau de sangue zebuino (Gursansky et al., 2010) e sua influência negativa em características qualitativas como força de cisalhamento, principalmente quando os animais são abatidos jovens. Christensen et al. (1991) encontraram influência negativa acima de 50% de sangue zebuino, Johnson et al. (1990) igual a 50% e Oliveira et al. (2011) não observaram influencia negativa do sangue zebuino na maciez da carne de animais meio sangue e puros.

Em relação à dieta, com a demanda crescente por recursos renováveis, como o biodiesel, conjectura-se a alta disponibilidade de glicerina bruta, coproduto desta agroindústria, que se destaca como ingrediente energético potencial para dieta de ruminantes.

A inclusão de glicerina bruta pode aumentar a disponibilidade de compostos gliconeogênicos e incrementos na concentração de insulina plasmática, bem como na relação insulina: glicose (Mach et al., 2009), o que acarretariam em melhora na marmorização da carne (Evans et al., 2008; Versemann et al., 2008), principalmente em animais com predisposição genética. Ademais, incrementos na concentração de insulina plasmática e na relação insulina: glicose (Mach et al., 2009) aliado ao carbono do glicerol ser utilizado preferencialmente na gliconeogênese, poderia contribuir para redução na degradação de proteínas (Parker et al., 2007). Drouillard (2008) afirmou que a inclusão de glicerina propiciou aumento linear na área de olho de lombo,

acompanhada por uma diminuição, também linear, na deposição de gordura subcutânea e intermuscular.

Outro aspecto interessante é que, caso o glicerol não seja fermentado no rúmen, em relação a equivalentes tradicionais, como propionato, possui vantagem metabólica, uma vez que entra na via gliconeogênica ao nível de triose fosfato (Leng, 1970; Krehbiel, 2008), ou seja, metabolicamente mais perto da glicose. Possivelmente, isso permitiria maior quantidade de energia disponível para o animal, que dependendo da fase fisiológica, seria utilizada para crescimento muscular ou deposição de gordura.

Uma hipótese adicional, em relação a alterações na qualidade de carne envolveria o efeito do glicerol na hipertrofia diferencial de fibras musculares. É bem estabelecido que a absorção de glicose, níveis de GLUT-4, número de receptores de insulina e sensibilidade à insulina são mais elevados em fibras do tipo I em relação a fibras do tipo II, especialmente tipo IIB (Lefaucheur, 2010). Posto isso, é possível que a utilização de glicerol, aliado ao consequente incremento na disponibilidade de compostos gliconeogênicos e insulina, possa aumentar a disponibilidade de substrato para fibras do tipo I, e até mesmo fibras tipo IIA, proporcionando hipertrofia diferencial das mesmas. De acordo com Drouillard, (2008), a glicerina bruta parece causar alterações sobre a qualidade sensorial da carne, que ainda precisam ser investigadas.

Diante do exposto, foi realizado um estudo para avaliar as características qualitativas da carne de animais Nelore e F₁ Red Angus x Nelore e o efeito da utilização de glicerina bruta na dieta em relação a estas características.

2. Material e Métodos

2.1. Animais, Dieta e Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido no Laboratório Animal do Departamento de Zootecnia desta Universidade em Viçosa, Minas Gerais, Brasil, e aprovado pelo comitê de Bem-estar animal da Universidade Federal de Viçosa.

Foram confinados 24 bovinos inteiros (12 Nelore e 12 F₁ Red Angus x Nelore) com idade média de 18 meses e peso corporal médio inicial de 322.00 ± 16.10 kg e 340.10 ± 14.92 kg, respectivamente. Todos os animais pertenciam ao mesmo grupo contemporâneo, provenientes da mesma fazenda, e recriados em sistema extensivo. Após pesados, os animais foram distribuídos aleatoriamente em baias individuais de 30 m² e submetidos a um período de adaptação de 30 dias ao confinamento experimental, em seguida foram novamente pesados e iniciou-se o período experimental de 84 dias (três períodos de 28 dias).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2, sendo dois grupos genéticos (Nelore e F₁ Red Angus x Nelore) e dois regimes alimentares (5% e 15% de glicerina bruta em substituição ao milho com base na matéria seca total), compondo quatro tratamentos e seis repetições.

As dietas, para animais cruzados, foram formuladas para serem isoproteicas com 14.66 % de PB (base da MS), de acordo com Valadares Filho et al. (2010), para permitir ganho de 1.5 kg, sendo utilizada também para os animais puros. O concentrado foi formulado para que a mesma dieta fosse ofertada para ambos os tratamentos, alterando somente a relação milho/glúten de milho, permitindo manutenção da quantidade de proteína. A dieta experimental foi composta de silagem de milho e concentrado, na proporção de 50: 50 (base da MS). A composição química, na base da MS, da glicerina bruta utilizada foi: 89.46 % de MS; 0.2% de PB; 7.76% de ácidos graxos totais; 92.57% de carboidratos não fibrosos; 90.04% de glicerol; 11.26% de cinzas; 9.86% de etanol e 1.79% de metanol. A proporção de ingredientes e a composição química das dietas experimentais são apresentadas na Tabela 1.

2.2. *Determinação da concentração de insulina e glicose sanguínea*

Ao final de cada período experimental (28, 56 e 84 dias) foram coletadas amostras de sangue, após 16h de jejum de sólidos. Para determinação da insulina foi coletada amostra de 10 mL de sangue sem aditivos (BD Vacutainer, Franklin Lakes, NJ) e para determinação da glicose foi coletada amostra de 5 mL de sangue em tubo contendo 5 mg de fluoreto de sódio e 4 mg de oxalato de potássio (BD Vacutainer, Franklin Lakes, NJ). Todas as amostras de sangue foram centrifugadas a 1500 x g (4°C) por 15 minutos. As amostras foram armazenadas a -20°C para posterior análise de insulina, sendo a determinação da glicose realizada imediatamente após coleta.

2.2. *Abate, mensuração do pH, coleta e processamento de amostras do músculo L. dorsi*

Ao término do período experimental de confinamento os animais foram abatidos por concussão cerebral, seguida de venissecção da jugular e carótida, seguindo práticas de bem estar e abate, regulamentadas pelo MAPA (2000). Seguindo ao abate, foi realizada a mensuração do pH 0h no músculo *L. dorsi*. As carcaças identificadas foram refrigeradas a 4°C durante 24 horas. Transcorrido o resfriamento, foi realizada a mensuração do pH 24h no mesmo músculo.

Posterior à desossa, foi retirada uma seção do músculo *L. dorsi* na altura da 12ª costela para realização das análises qualitativas da carne. As amostras foram padronizadas em 2.54 cm de espessura (AMSA, 1995), individualmente embaladas a

vácuo, e armazenadas a -20°C, exceto para análise de cor. Amostras para análise de fibra foram armazenadas a -80°C.

2.3. Análise instrumental da cor

Seguida a retirada das amostras, a análise de cor foi realizada em bifes de 2.54 cm, previamente expostos ao ar por 30 minutos em ambiente a 4°C. A cor objetiva foi medida em cinco locais da superfície da amostra utilizando-se colorímetro CR-400 (Konica, Minolta), ajustado à fonte iluminante D65 e ângulo de 10° para o observador. O colorímetro foi calibrando antes da utilização de acordo com recomendações do fabricante. Os valores de *CIE L* a* b** foram obtidos a partir da média das cinco medições. Os valores de Tonalidade e Saturação foram calculados, a partir das coordenadas tricromáticas, utilizando-se as seguintes equações: Saturação=

$$\sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \text{ e Tonalidade} = \arctan (b^* / a^*).$$

2.4. Composição Centesimal

Para determinação da composição centesimal, as amostras foram liofilizadas por 36h. Seguida a liofilização foram lavadas com éter de petróleo, para parcial retirada da gordura (Fernandes et al., 2010), sendo registrada a gordura perdida. Em seguida as amostras foram moídas em moinho de bola e realizadas análises de umidade (Método 934.01; AOAC, 1990), proteína (método 920.87; AOAC, 1990), extrato etéreo (EE; Método 920.85; AOAC, 1990), e cinzas (Método 924.05; AOAC, 1990). O EE foi corrigido através da adição da gordura perdida durante o desengorduramento parcial.

2.5. Força de Cisalhamento

Amostras de 2.54 cm de espessura foram descongeladas a 4°C por 24h e assadas em forno elétrico pré-aquecido a 150°C. A temperatura interna foi monitorada com termoacoplador ligado em termômetro tipo K, introduzido no centro geométrico de cada amostra. Ao atingir 35°C a amostra foi virada, deixando alcançar a temperatura de 70°C. Após cocção, as amostras foram resfriadas a 4°C por 24h (AMSA, 1995). Decorrido este tempo, oito amostras cilíndricas de 1.27 cm foram removidas de cada amostra, paralelas ao eixo das fibras musculares (AMSA, 1995). Cada amostra cilíndrica foi cortada centralmente, perpendicular ao eixo da fibra por equipamento Warner-Bratzler (GR Manufacturing Company, Manhattan, KS, EUA).

2.6. Perdas de exsudado da carne

Para esta análise foram utilizadas as mesmas amostras para avaliação da força de cisalhamento. Para registro da perda ao descongelamento, as amostras foram retiradas

do saco, pesadas e descongeladas por 24h a 4°C. A perda por cocção foi determinada pela diferença de peso registrada antes e após cocção. A perda por evaporação foi calculada como a diferença entre a perda total durante o cozimento e a perda por gotejamento (perda de exsudado retido em bandeja) durante o mesmo. A perda total foi calculada pela diferença de peso entre a amostra congelada e após cocção.

2.7. Índice de Fragmentação Miofibrilar

O índice de fragmentação miofibrilar foi determinado no músculo fresco de acordo com procedimentos de Olson et al. (1976), modificados por Culler et al. (1978). Método do biureto (Gornall et al., 1949) foi utilizado para determinação da concentração de proteína. 4 g de músculo picado foi homogeneizada por 30 s (2x) em ultra-turrax com haste de cisalhamento (Marconi – MA 102/E) em 40 mL de solução tampão (TIMF) à 2°C (100 mM KCL, 20 mM de fosfato de potássio pH 7.0, 1 mM de EGTA, 1.0 mM MgCl₂, 1.0 mM NaN₃, pH 7.0). Após homogeneização, as amostras foram centrifugadas a 1000 x g por 15 minutos, a 2°C e o sobrenadante descartado. O pellet foi ressuspensão em 40 mL de TIMF com bastão de vidro e a amostra centrifugada novamente a 1000 x g por 15 minutos, a 2°C. Após centrifugação, o sobrenadante foi novamente descartado e o pellet ressuspensão em 10 mL de TIMF à 2°C, homogeneizado sob agitação vigorosa em vórtex e em seguida o material foi filtrado em peneira de polietileno com malha de 1 mm. Foram adicionados novamente 10 mL de TIMF à 2°C para lavagem do tubo de centrifuga e para auxiliar na filtragem. Para determinação de IFM as amostras foram preparadas com o TIMF para um volume final de 8mL e concentração de proteína de 0.5mg/mL. As amostras foram homogeneizadas e submetidas à leitura de absorvância (540nm) e o valor de IFM obtido pelo cálculo: IFM = absorvância x 200, em que 200 = fator de escala para converter os valores de absorvância conforme sugerido por Culler et al. (1978).

2.8. Colágeno Total e Solubilidade

Utilizou-se metodologia de Woessner (1961), com ajustes de Hadlich et al., (2006). Em tubo de centrifuga (50 ml) foram adicionadas 5.0 g de amostras moídas, em duplicata, mais 20 ml de água. Os tubos foram colocados em banho-maria a 80°C por 120 minutos. Após resfriamento do tubo (4°C por 15 minutos), este foi centrifugado a 27.216×g por 20 minutos a 2°C, usando centrifuga Beckman Coulter, Fullerton, CA. Sobrenadante e sedimento foram separados em tubos de vidros, onde foram adicionados 30 mL e 50 mL de HCl 6N, respectivamente. As amostras foram levadas para estufa a 100 °C por 16 horas, para hidrólise. Em seguida, foram filtradas e diluídas em 1:10 e

1:25, respectivamente e tiveram o pH ajustado para 6.0 com solução de NaOH 2N. Em tubo de ensaio foram colocados 2 ml do filtrado neutralizado e 1 ml de solução oxidante (1.41 g de cloramina T dissolvida em 100 ml de solução tampão; 30.0 g de ácido cítrico monohidratado, 15.0 g de NaOH, 90.0 g de acetato de sódio trihidratado dissolvidos em 500 ml de água destilada e 290 ml de isopropanol completando para 1 litro). Após descansar por 20 minutos à temperatura ambiente, adicionou-se, em cada tubo, 1.0 ml do reagente de cor (5.0 g de 4-dimetilbenzaldeído, 20.0 ml de isopropanol, 9.0 ml de ácido perclórico 60%), agitou-se em vórtex, cobriu-se os tubos com papel alumínio e colocou-se em banho-maria a 60°C por 15 minutos. Em seguida foram arrefecidos e as amostras lidas em espectrofotômetro a 560 nm. Para determinação do colágeno real o conteúdo de hidroxprolina do sobrenadante foi multiplicado por 7.52 e do resíduo por 7.25 (Cross et al., 1973), em seguida dividiu-se por 1000, para obtenção do conteúdo de colágeno no sobrenadante (solúvel) e resíduo (insolúvel). Colágeno total (mg de colágeno/g de carne) foi definido como a soma do colágeno solúvel mais insolúvel. A percentagem de colágeno solúvel foi calculada como colágeno solúvel dividido pelo colágeno total, multiplicado por 100.

2.9. Identificação Histoquímica e Área da Seção transversal de Fibra Muscular

Transferiu-se as amostras do ultrafreezer para um criomicrotomo Leica® CM 1850TM (Leica Microsystems, Wetzlar, Germany) onde foram fixadas com resina Optimal Critical Temperature compound – OCT Tissue-Tek® (Sakura, Finetek, Zoeterwoude, The Netherlands) em suportes metálicos do criostato. Foram feitos cortes seriados de 12 µm, perpendiculares ao sentido das fibras. Após cortadas, as fibras foram coladas às lâminas; estas estavam em temperatura ambiente e foram previamente embebidas em solução de gelatina e sulfato de cromo e potássio. As lâminas foram coradas baseando-se nas variações de sensibilidade para atividade de adenosina trifosfatase miofibrilar (m-ATPase) em exposição a diferentes valores de pH (Brooke & Kaiser, 1970). Após ajuste de temperatura, todos os cortes foram submetidos à pré-incubação em pH 9.4 para ativação da m-ATPase. Posteriormente, metade das lâminas foram submetidas à incubação em pH 4.2 e incubação em pH 4.7. As fibras foram classificadas em I, IIA e IIB de acordo com Brooke & Kaiser (1970). Após coloração, foram capturadas 20 imagens de cada lâmina utilizando-se câmera Olympus® U-CMAD-2 (Olympus Corporation Tokyo Japan) acoplada diretamente ao microscópio ótico de luz Olympus® BX-60™ (Olympus Corporation, Tokyo, Japan), com objetiva de 10X e auxílio do aplicativo Image-Pro® Plus v.4.5.0.29 (Media Cybernetics,

Maryland, USA). A frequência relativa (%) e a área (μm^2) das fibras foram calculadas a partir de pontos localizados em espaços vazios na máscara de grade, que possuía, no total, 65 pontos. Para cada animal foram utilizadas 15 imagens (as melhores dentro das 20 imagens capturadas).

2.9. Análise Estatística

Os dados foram analisados a partir de um modelo que inclui os efeitos fixos de grupo genético (Nelore e F₁ Red Angus x Nelore), níveis de glicerina bruta (5% e 15% na base da matéria seca), interação entre estes dois fatores e peso inicial como covariável. Para cada variável resposta “outliers” foram removidos, com intuito de alcançar a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Os resíduos foram plotados contra os valores previstos, com a finalidade de avaliar a homogeneidade de variância. Médias dos mínimos quadrados foram estimadas e comparadas pelo teste de Tukey, quando efeitos foram significativos. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o procedimento MIXED do SAS e UNIVARIADA 9.2 (Statistical Analysis System Institute, Inc., Cary, NC, USA), $\alpha=0,05$.

3. Resultados

À exceção do colágeno total ($P=0.0020$), não foram observadas interação entre grupo genético e dieta, portanto as demais variáveis foram discutidas separadamente.

3.1. Grupo Genético

Animais Nelore (NE) apresentaram maior concentração de glicose sanguínea ($P=0.0097$) em relação aos animais F₁ Red Angus x Nelore (NA). Não houve efeito de grupo genético para insulina sérica ($P=0.1232$); Tabela 2, pH 0h ($P=0.0648$), pH 24h ($P=0.0648$), temperatura 0h ($P=0.4520$), temperatura 24h ($P=0.2591$); (Tabela 3), e frequência de fibras ($P=0.1109$); Tabela 4. Animais NA apresentaram maior área de fibras IIA ($P=0.0002$) quando comparados aos animais NE, não havendo diferença na área das fibras I ($P=0.0521$) e IIB ($P=0.0908$) entre grupos genéticos (Tabela 4).

Os parâmetros de cor não diferiram ($P=0.1327$) entre grupos genéticos (Tabela 5). O músculo *L. dorsi* de animais NE e NA apresentou a mesma ($P=0.8288$) força de cisalhamento, bem como mesmo ($P=0.8288$) índice de fragmentação miofibrilar (Tabela 6). O *L. dorsi* de animais NA apresentaram maior solubilidade de colágeno ($P<0.0001$) quando comparados aos animais NE (Tabela 6) e mesma perda de todos os exsudados de exsudado ($P=0.1694$); Tabela 7. A composição centesimal não foi influenciada pelo grupo genético ($P=0.1619$); Tabela 8.

O teor de colágeno total foi maior no músculo de animais NE alimentados com 15% de glicerina bruta (GB) (9.35 ± 0.25 mg/g) em relação aos animais NE recebendo 5% GB (8.39 ± 0.22 mg/g). Animais NA alimentados com 5% e 15% GB apresentaram menor teor de colágeno total no músculo (5.76 ± 0.23 mg/g).

3.2. Dieta

A concentração de glicose sanguínea, insulina sérica (Tabela 2), pH 0h e 24h, temperatura 0h e 24h (Tabela 3), e frequência de fibras musculares (Tabela 4) não foram influenciados pela dieta ($P=0.2204$). Animais alimentados com 15% de glicerina apresentaram maior área de fibras tipo I ($P=0.0244$) e IIA ($P=0.0068$) em relação aos animais alimentados com 5% de glicerina, não havendo diferença ($P=0.7189$) para área das fibras IIB entre dietas (Tabela 4).

Animais alimentados com 5% e 15% de glicerina bruta apresentaram *L. dorsi* com mesmos parâmetros de cor ($P=0.0733$); Tabela 5, bem como mesma força de cisalhamento ($P=0.8324$), índice de fragmentação miofibrilar ($P=0.7932$) e percentagem de colágeno solúvel ($P=0.1146$); Tabela 6.

A dieta não proporcionou diferenças na capacidade de retenção de água ($P=0.1768$) do músculo *L. dorsi* (Tabela 7). A percentagem de água ($P=0.2596$), extrato etéreo ($P=0.4896$) e cinzas ($P=0.9722$) no *L. dorsi* não foi influenciada pela dieta, enquanto o músculo de animais alimentados com 15% de glicerina apresentaram maior percentagem de proteína (Tabela 8).

4. Discussão

O glicerol, componente majoritário da glicerina bruta, pode ser fermentado a propionato no rúmen ou convertido em glicose no fígado de bovinos, promovendo energia para o metabolismo celular; no último caso, entra na via gliconeogênica em nível de dihidroxiacetona-P e 3-fosfogliceraldeído (Krehbiel, 2008). Apesar de resultados escassos e contraditórios, vários estudos (DeFrain et al., 2004; Chung et al., 2007; Mach et al., 2009; Moriel et al., 2011) observaram que a concentração da glicose plasmática não é afetada pelo teor de glicerina bruta na dieta. É provável que o aumento da glicose plasmática, após alimentação com glicerina bruta, seja mais dependente do estado fisiológico e equilíbrio energético do animal (Mach et al., 2009), que o próprio nível da mesma na dieta.

É possível, portanto, que diferenças intrínsecas do metabolismo e estado fisiológico por diferentes grupos genéticos promovam utilização diferencial do glicerol,

provavelmente aumentando a disponibilidade de compostos gliconeogênicos nos animais NE, e conseqüentemente a concentração de glicose sanguínea nestes animais.

Em relação à concentração de insulina, esta geralmente corresponde a mudanças na circulação de glicose (Evans et al., 1975), no entanto, sua secreção envolve inúmeros fatores, podendo haver descompasso entre aumento na concentração de glicose e insulina (Lake et al., 2006). Adicionalmente, Mach et al. (2009) sugerem que a insulina sérica seria mais influenciada pela idade e gordura da carcaça, que em nosso estudo não diferiu entre animais (~ 5.0 mm; $P=0.8983$ para grupo genético e ~ 5.0 mm; $P=0.6775$ para dieta).

O pH final observado, para grupo genético e dieta, está dentro do padrão considerado normal para a indústria da carne, entre 5.4 e 5.8 (Zhang et al., 2005). King et al. (2010) não encontraram fatores genéticos que explicassem variações no pH final, sugerindo que este está mais relacionado a condições ambientais. Pode-se inferir, portanto, que em condições semelhantes de armazenamento da carcaça e espessura de gordura subcutânea, como supracitado, animais de diferentes grupos genéticos e alimentados com diferentes dietas podem apresentar adequado pH final. A temperatura final ($\sim 7^{\circ}\text{C}$) das carcaças ficou dentro limite preconizado para assegurar condições sanitárias adequadas e evitar proliferação de microorganismos.

Choi & Kim (2009), em revisão, atestam que músculos de diferentes grupos genéticos podem apresentar mesma composição de fibras, e ressaltam que possíveis diferenças entre estes animais estariam relacionadas ao distinto perfil metabólico destas fibras. Nossos resultados são corroborados pelos de Oliveira et al. (2011), que da mesma forma, não encontraram diferenças nas proporções das fibras musculares entre animais Nelore e cruzados.

Em relação à adição de glicerina bruta, sabe-se que a alimentação e mais diretamente o nível de energia da dieta é capaz de promover modulação entre fibras musculares (Choi & Kim, 2009). Diante do exposto, considerando que ambas as dietas permitiram mesmo aporte de energia metabolizável (2.70 Mcal/Kg de MS; $P=0.3394$), era esperado que não houvesse variação na frequência das fibras entre dietas, resultado corroborado por Monnerat (2012). Adicionalmente, é importante ressaltar que, provavelmente, antes de haver modulação, existe alteração na área das fibras (Oliveira et al., 2011). Sendo assim, possivelmente, o tempo de alimentação no presente experimento não foi suficiente para promover modulação na frequência das fibras musculares entre dietas.

Assim como as proteínas que compõem as fibras musculares, o tamanho e número das fibras são fatores que determinam a massa muscular e influenciam na qualidade da carne (Rehfeldt & Kuhn, 2006). De acordo com Picardi et al. (2006), em bovinos não há hipertrofia muscular com elevado potencial de crescimento devido ao maior número total de fibras; o que poderia explicar a ausência de diferenças na área das fibras tipo IIB, que sendo maiores, teriam atingido o máximo do potencial de crescimento.

A maior área das fibras tipo I e IIA no *L. dorsi* de animais alimentados com 15%GB, sem efeito de dieta na área das fibras tipo IIB está de acordo com a hipótese inicial de que poderia haver hipertrofia diferencial das fibras com utilização do glicerol na dieta. Fibras tipo I têm maior absorção de glicose, níveis de GLUT-4, número de receptores de insulina e sensibilidade à insulina em relação a fibras do tipo II, mas principalmente em relação a fibras IIB (Lefaucheur et al., 2010), permitindo que dietas com maior teor de glicerol aumentasse a disponibilidade de substrato para fibras tipo I e IIA, promovendo hipertrofia diferencial destas.

Valores de luminosidade (L^*) e tonalidade (indicativo do tipo de cor) estão relacionados com estado físico da carne como pH, fibras musculares e cinética de estabelecimento do *rigor mortis* (Albertí et al., 2005). Não havendo encontrado diferenças nas proporções de fibras musculares, pH final e capacidade de retenção de água, era esperado que grupo genético e dieta não afetassem estes parâmetros. Da mesma forma, a saturação (intensidade da cor), relaciona-se com fatores *ante mortem* e é influenciada pela quantidade de mioglobina no músculo (Albertí et al., 2005). Uma vez não havendo diferenças nos valores de a^* e b^* , que reflete também a quantidade de pigmentos vermelhos, esperar-se-ia mesma saturação entre grupos genéticos e entre dietas, uma vez que este se relaciona diretamente com os teores de vermelho e amarelo da carne.

Page et al. (2001) observaram não haver diferenças nos valores de L^* , a^* , b^* entre *Bos taurus* e *Bos indicus*, quando ambos foram criados e abatidos de forma similar. Uma das explicações para tal fato seria a baixa herdabilidade para os parâmetros de cor (Warner et al., 2010), sendo estes mais influenciados por situações ambientais. Como no presente trabalho, Monnerat (2012) não observou efeito da inclusão de glicerina bruta na dieta em relação aos parâmetros objetivos de cor.

Shackelford et al. (1997) sugeriram que carnes com valores de força de cisalhamento abaixo de 4.6 kg, podem ser classificadas como macias, estando a maciez da carne dos diferentes grupos genéticos e dietas, no presente estudo, dentro deste padrão. Similarmente, o índice de fragmentação miofibrilar (IFM) reflete a intensidade

de proteólise das miofibrilas e pode predizer mais de 50% da variação na textura da carne (Hopkins et al., 2000). No presente trabalho a força de cisalhamento foi correlacionada com o IMF ($r=-0.42$; $P=0.0377$), explicando 17% da variação na força de cisalhamento. Culler et al. (1978) atestaram que carnes com IMF acima de 60 são consideradas macias, fato este observado neste estudo para diferentes grupos genéticos e dietas.

Morgan et al. (1991) afirmaram que em regiões onde existe maior proporção de genes de animais *Bos indicus*, os valores para força de cisalhamento são maiores e mais variáveis, fato este que pode estar associado a maior quantidade de tecido conjuntivo quando comparados a *Bos taurus* (Bailey, 1985; Belew et al., 2002; Garcia et al., 2008; Highfill et al., 2012). Além disso, Wheeler et al. (1990) afirmaram que a carne de *Bos indicus* apresenta níveis mais baixos de μ -calpaína e mais altos de calpastatina, enzimas que possuem papel fundamental na maciez da carne, uma vez que existe relação inversa entre atividade de calpastatina e maciez (Koohmaraie, 1994), embora nossos dados não confirme essa teoria, embasando-se na força de cisalhamento e índice de fragmentação miofibrilar.

No entanto, interações entre fatores que determinam a maciez podem ser difíceis de serem separados e cada um destes é influenciado em maior ou menor grau pelo genótipo e ambiente (Warner et al., 2010). Nesse estudo, todos animais utilizados foram jovens e provenientes de mesmo grupo contemporâneo, da mesma fazenda, e apresentaram a mesma espessura de gordura subcutânea (~ 5.0 mm; $P=0.8983$) na carcaça, adequada para evitar o encurtamento pelo frio, um dos fatores que determina a textura intrínseca da carne (Melody et al., 2004). Ademais, o teor de colágeno ($r=-0.17$; $P=0.4213$) e tampouco solubilidade do colágeno ($r=-0.16$; $P=0.4274$) não foram correlacionados com a força de cisalhamento, os quais, a princípio, poderiam determinar diferença na maciez entre grupos genéticos.

As observações supracitadas podem explicar a mesma força de cisalhamento para ambos os grupos genéticos, bem como os baixos valores observados, implicando em dizer que, possivelmente, há outros fatores que determinariam diferenças na maciez entre *Bos taurus* e *Bos Indicus*, ou até mesmo divergências de resultados entre experimentos, como idade, sistema de produção, condições experimentais e até mesmo interação de fatores.

Em relação a condições experimentais, é interessante frizar que grande parte dos trabalhos analisa a textura após os músculos passarem por período de maturação, por exemplo, o trabalho de Crouse et al. (1989). Para Monsón et al. (2004), o processo de

maturação afeta diretamente a força de cisalhamento, sendo seu resultado dado de acordo com o potencial de amaciamento da raça, que no Nelore é menor, uma vez que apresenta níveis mais baixos de μ -calpaína e níveis mais altos de calpastatina, enzimas que possuem papel fundamental no amaciamento da carne (Koohmaraie, 1994), podendo causar efeito de confundimento.

A princípio, a contribuição do tecido conjuntivo na textura da carne é predominantemente determinada pelo desenvolvimento de ligações estáveis na molécula de colágeno, bem como pelo seu conteúdo total (Warner et al., 2010).

No entanto, segundo Lepetit (2007), nenhuma das características individuais dos tecidos conjuntivos está estreitamente e permanentemente ligada à maciez da carne. Sendo assim, as correlações entre quantidade de colágeno e/ou sua solubilidade com a maciez da carne, estariam dependentes, ainda, de interações com fibras musculares (Lepetit, 2007 e 2008), e que a contribuição expressiva das miofibrilas se daria em maior proporção em temperaturas acima de 60°C (Christensen et al., 2000). Diante do exposto, fica claro que somente variações no teor de colágeno e/ou sua solubilidade, como observado no presente estudo, não poderiam explicar a força de cisalhamento, sendo necessários mais estudos neste campo.

Adicionalmente, diferenças na solubilidade do colágeno entre grupos genéticos poderiam estar relacionadas à taxa de crescimento, embora ambos estivessem crescendo a taxas elevadas, o ganho médio de animais NE (1.54 kg/dia) foi menor em comparação aos animais cruzados (2.10 kg/dia; $P=0.0012$). O colágeno da carne de animais cruzados, devido maiores taxas de crescimento, possivelmente estaria passando por maior turnover, havendo, conseqüentemente maior quantidade de colágeno recém-sintetizado. Este por sua vez, apresenta menor termo- estabilidade, uma vez que esta é conferida pelas ligações intermoleculares do colágeno (Archile-Contreras et al., 2010), as quais são termodependentes. Dessa forma, o colágeno recém-sintetizado apresenta menos ligações intermoleculares e por isso maior solubilidade (Silva et al., 2010).

Archile-Contreras et al. (2010) e Silva et al. (2010) observaram que existe inconsistência quanto a relação da dieta e modulação das fibras de colágeno. Relatando que, muitas vezes, a redução do colágeno total e/ou aumento na solubilidade estaria relacionada à densidade energética da dieta, e não somente à dieta *per si*. Pode-se inferir, portanto, que com mesmo aporte de energia metabolizável (2.70 Mcal/Kg de MS; $P=0.3394$) proporcionado por ambas às dietas, esperar-se-ia que ambas as dietas estudadas promovessem o mesmo teor de colágeno solúvel.

Durante desenvolvimento do *rigor mortis*, ocorre encurtamento do sarcômero, reduzindo espaço disponível para água dentro da miofibrila, local onde maior parte da água muscular está localizada (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). Segundo Honikel et al. (1986), a perda ao descongelamento pode aumentar linearmente com redução no comprimento de sarcômero, estando este diretamente relacionado com a espessura de gordura subcutânea na carcaça. Possivelmente, o encurtamento do sarcômero ocorreu de forma similar para grupos genéticos e dietas, uma vez que as carcaças tiveram a mesma espessura de gordura (~5.0 mm; P=0.8983 e ~5.0 mm; P=0.6775, respectivamente), explicando a ausência de efeito para perdas ao descongelamento.

Outro fenômeno que ocorre durante desenvolvimento do *rigor mortis* é o acúmulo de ácido lático que culmina com redução do pH da carne. Uma vez que o pH aproximou-se do ponto isoelétrico (pI) das principais proteínas, especialmente miosina (pI=5.4), a carga líquida de proteínas é igual a zero, ou seja, grupos positivos e negativos dentro da proteína são atraídos e resultam na redução da quantidade de água que pode ser atraída e mantida por essas proteínas (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005), sendo o pH, dentre outros fatores, responsável por alterações na capacidade de retenção de água. No presente estudo, não houve variação na perda total de exsudado entre grupos genéticos e entre dietas, possivelmente porque não houve diferenças no pH e gordura intramuscular da carne, mensurada a partir do extrato etéreo.

O conteúdo de gordura intramuscular é fator importante na qualidade da carne, influenciando em maior ou menor proporção na textura, suculência e sabor, sendo influenciado por fatores como genótipo, sistema de alimentação, idade, entre outros.

Apesar do consenso de que animais Red Angus possuem elevada deposição de gordura de marmoreio (Ward et al., 2010), principalmente em comparação com animais zebuínos, este fato não foi observado no presente estudo, possivelmente por estar estudando animais cruzados F₁ Red Angus e não puros, bem como animais Nelore. Ademais do fato de não haver encontrado diferenças entre grupos genéticos para marmoreio, os valores ficaram abaixo do valor sugerido para proporcionar maior sabor e suculência à carne, que, segundo Cervieri et al. (2001) deveria ser próximo à 4%.

A deposição de gordura obedece a uma ordem cronológica, na qual a última a ser depositada é a gordura intramuscular (Sainz & Hasting, 2000). Aliados a esta afirmação, possíveis causas para nossos resultados, residiriam no fato de que o tempo de confinamento não tenha sido suficiente para deposição satisfatória da gordura de marmoreio, bem como, os animais utilizados foram inteiros, o que poderia ter retardado

ainda mais a proliferação das células adiposas, devido aos hormônios andrógenos que interferem na partição da energia ingerida em favor da síntese proteica.

A hipótese inicial para utilização da glicerina na dieta e melhoria na qualidade da carne seria o aumento no aporte de glicose para o animal e consequente aumento na deposição de gordura de marmoreio, uma vez que a glicose é responsável por 50 a 75% das unidades de acetil utilizadas para a lipogênese intramuscular *in vitro* (Smith and Crouse, 1984), no entanto, como observado, não houve alteração da glicose sanguínea em função da dieta, bem como da insulina sérica. Adicionalmente, animais deste estudo foram recriados a pasto e segundo Rhoades et al. (2007), o tecido adiposo de animais que cresceram em pastagens adquire resistência à insulina, hormônio que determina a captação de glicose por tecidos periféricos; bem como têm menor atividade da enzima glicose-6-fosfato-desidrogenase (G6PD) no tecido adiposo intramuscular (Schoonmaker et al. 2004), a G6PD é responsável pela regeneração do NADPH no ciclo das pentoses. O NADPH é fundamental na síntese de ácidos graxos, atuando como agente redutor. A redução da atividade da G6PD implica em redução da lipogênese nos adipócitos.

5. Conclusão

É possível produzir carne com textura adequada e qualidade satisfatória utilizando animais Nelore ou F₁ Red Angus x Nelore, bem como a utilização de 5% ou 15% de glicerina bruta na dieta não afeta as características qualitativas, permitindo produzir carne com qualidade desejável. A glicerina parece promover hipertrofia diferencial das fibras musculares.

6. Referências

- Albertí, P., Panea, B., Ripoll, G., Sañudo, C., Olleta, J.L., Hegueruela, I., Campo, M.M., Serra, X. (2005). Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne, grasa) en los rumiantes. In: INIA (Ed.). *Medición del color* (pp. 216-225). Madrid: INIA.
- AMSA (1995). American meat science association. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and tenderness measurements of fresh meat. Chicago: National Live Stock and Meat Board, IL.
- AOAC (1990). Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis (15 ed.). 1990. Washington: AOAC.
- Associação Brasileira de Inseminação Artificial, 2011. Relatórios de Comercialização de Sêmen (Online). <http://www.asbia.org.br> (accessed 8.15.2012).
- Archile-Contreras, A.C., Mandell, I.B., Purslow, P.P. (2010). Disparity of dietary effects on collagen characteristics and toughness between two beef muscles. *Meat Science*, 86(2), 491-497.
- Bailey, A.J. (1985) The role of collagen in the development of muscle and relationship to eating quality. *Journal of animal Science*, 60(6), 1580-1587.

- Belew, J.B., Brooks, J.C., McKenna, D.R., & Savell, J.W. (2003). Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Science*, 64(4), 507-512.
- Brooke, M.H. & Kaiser, K.K. (1970). Three myosin adenosine triphosphatase system: the nature of their pH liability and sulphhydryl dependence. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry* 18(9), 670-672.
- Cervieri, R.C., Arrigoni, M.B., Oliveira, H.N., Silveira, A.C., Chardulo, L.A.L., Costa, C., & Martins, C.L. (2001). Desempenho e características de carcaça de bezerros confinados recebendo dietas com diferentes degradabilidade da fração proteica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(5), 1590-1599.
- Choi, Y.M., & Kim, B.C. (2009). Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality. *Livestock Science*, 122(2-3), 105-118.
- Chung, Y. H., Rico, D. E., Martinez, C. M., Cassidy, T. W., Noiro, V., Ames, A., & Varga, G. A. (2007). Effects of feeding dry glycerin to early postpartum Holstein dairy cows on lactational performance and metabolic profiles. *Journal of Dairy Science*, 90(12), 5682-5691.
- Christensen, M., Purslow, P. P., & Larsen, L. M. (2000). The effect of cooking temperature on mechanical properties of whole meat, single muscle fibres and perimysial connective tissue. *Meat Science*, 55(3), 301-307.
- Christensen, K. L., Johnson, D. D., West, R. L., Marshall, T. T., & Hargrove, D. D. (1991). The effect of breed of sire and age at feeding on muscle tenderness in beef chuck. *Journal of Animal Science*, 69(9), 3673-3678.
- Cross, H. R., Carpenter, Z. L., & Smith, G. C. (1973). Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. *Journal of Food Science*, 38(6), 998-1003.
- Crouse, J. D., Cundiff, L. V., Koch, R. M., Koohmaraie, M., & Seideman, S. C. (1989). Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. *Journal of Animal Science*, 67(10), 2661-2668.
- Culler, R. D., Parrish, F. C., Smith, G. C., & Cross, H. R. (1978). Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. *Journal of Food Science*, 43(4), 1177-1180.
- DeFrain, J.M., Hippen, A.R., Kalscheur, K.F., & Jardon, P.W. (2004). Feeding glycerol to transition dairy cows: effects on blood metabolites and lactation performance. *Journal of Dairy Science*, 87(12), 4195-4206.
- Drouillard, J.S. (2008). Glycerin as a feed for ruminants: using glycerin in high-concentrate diets. *Journal of Animal Science*, 86(Suppl.2), 392.
- Duarte, M.S., Paulino, P.V.R., Fonseca, M.A., Diniz, L.L., Cavali, J., Serão, N.V.L., Gomide, L.A.M., Reis, S.F., & Cox, R.B. (2011). Influence of dental carcass maturity on carcass traits and meat quality of Nellore bulls. *Meat Science*, 88(3), 441-446.
- Evans, E., Buchanan-Smith, J. G. & Macleod, G. K. (1975). Postprandial patterns of plasma glucose, insulin and volatile fatty acids in ruminants fed low- and high-roughage diets. *Journal of Animal Science*, 41(5), 1474-1479.

Ferraz, J. B. S., Felício, P. E. D. (2010). Production systems - an example from Brazil.

Meat Science, 84(2), 238-243.

Fernandes, H. J., Tedeschi, L. O., Paulino, M. F., & Paiva, L. M. (2010). Determination of carcass and body fat compositions of grazing crossbred bulls using body measurements. *Journal of Animal Science*, 88(4), 1442–1453.

Garcia, L. G., Nicholson, K. L., Hoffman, T. W., Lawrence, T. E., Hale, D. S., Griffin, D. B., Savell, J.W., Vanoverbeke, D.L., Morgan, J.B., Belk, K.E., Field, T.G., Scanga, J.A., Tatum, J.D., & Smith, G.C. (2008). National Beef Quality Audit 2005: Survey of targeted cattle and carcass characteristics related to quality, quantity, and value of fed steers and heifers. *Journal of Animal Science*, 86(12), 3533–3543.

Gornall, A. G., Bardawill, C. J., & David, M. M. (1949). Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *Journal of Biological Chemistry*, 177(2), 751-766.

Gursansky, B., O'Halloran, J. M., Egan, A., & Devine, C. E. (2010). Tenderness enhancement of beef from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle following electrical stimulation. *Meat Science*, 86(3), 635-641.

Hadlich, J. C., Morales, D. C., Silveira, A. C., Oliveira, H. N. O., & Chardulo, L. A. L. (2006). Efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos de distintos grupos genéticos. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 28(1), 57–62.

Highfill, C.M., Esquivel-Font, O., Dikeman, M.E., & Kropf, D.H. (2012). Tenderness profiles of ten muscles from F₁ *Bos indicus* x *Bos taurus* and *Bos taurus* cattle cooked as steaks and roasts. *Meat Science*, 90(4), 881-886.

Hocquette, J. F., Gondret, F., Baéza, E., Médale, F., Jurie, C., & Pethick, D. W. (2010). Intramuscular fat content in meat-producing animals: Development genetic and nutritional control and identification of putative markers. *Animal*, 4(2), 303–319.

Honikel, K. O., Kim, C. J., & Hamm, R., (1986). Sarcomere shortening of pre rigor muscles and its influence on drip loss. *Meat Science*, 16(4), 267–282.

Hopkins, D. L.; Littlefield, P. J.; & Thompson, J. M. (2000). A research note on factors affecting the determination of myofibrillar fragmentation. *Meat Science* 56(1), 19-22.

Huff-Lonergan E, Lonergan S M. (2005) Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of *postmortem* biochemical and structural changes. *Meat Science* 71(1), 194-204.

Johnson, D. D., Huffman, R. D., Williams, S. E., & Hargrove, D. D. (1990). Effects of percentage Brahman and Angus breeding, age-season of feeding and slaughter endpoint on meat palatability and muscle characteristics. *Journal of Animal Science*, 68(12), 2371-2577.

- King, D.A., Shackelford, S.D., Kuehn, L.A., Kemp, C.M., Rodriguez, A.B., Thallman, R.M., & Wheeler, T.L. (2010). Contribution of genetic influences to animal-to-animal variation in myoglobin content and beef lean color stability. *Journal of Animal Science*, 88(3), 1160-1167.
- Koohmaraie, M., & Geesink, G.H. (2006). Contribution of post mortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74(1), 34-43.
- Koohmaraie, M. (1994) Muscle proteinases and meat aging. *Meat Science*, 36(1-2), 93-104.
- Krehbiel, C.R. (2008). Ruminant and physiological metabolism of glycerin. *Journal of Animal Science*, 86(Suppl.2), 392.
- Lake, S. L., Scholljegerdes, E. J., Hallford, D. M., Moss, G. E., Rule, D. C., & Hess, B. W. (2006). Effects of body condition score at parturition and postpartum supplemental fat on metabolite and hormone concentrations of beef cows and their suckling calves. *Journal of Animal Science*, 84(4), 1038-1047.
- Lefaucheur, L. (2010). A second look into fibre typing-Relation to meat quality. *Meat Science*, 84(2), 257-270.
- Leng, R. A., 1970. Glucose synthesis in ruminants. *Advances in Veterinary Science & Comparative Medicine*, 14, 209-260.
- Lepetit, J. (2008). Collagen contribution to meat toughness: Theoretical aspects. *Meat Science*, 80(4), 960-967.
- Lepetit, J. (2007). A theoretical approach of the relationships between collagen content, collagen cross-links and meat tenderness. *Meat Science*, 76(1), 147-159.
- Mach, N., Bach, A., & Devant, M. (2009). Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. *Journal of Animal Science*, 87(2), 632-638.
- Melody, J. L., Lonergan, S. M., Rowe, L. J., Huiatt, T. W., Mayes, M. S., & Huff-Lonergan, E. (2004). Early postmortem biochemical factors influence tenderness and water-holding capacity of three porcine muscles. *Journal of Animal Science*, 82(4), 1195-1205.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2000. Instrução Normativa número 3 de 17.01.2000-Technical Regulation of Methods for Humane Slaughtering of Livestock (Online). <http://www.agricultura.gov.br/animal/produtos-veterinarios/legislacao> (accessed 5.20.2009).
- Monnerat, J.I.S. (2012). Avaliação nutricional, desempenho e qualidade da carne de bovinos de corte alimentados com dietas contendo glicerina bruta. Viçosa: *Doctor Scientiae.*, Universidade Federal de Viçosa.
- Monsón, F. F., Sañudo, C., Sierra, I. (2004). Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. *Meat Science*. 68(4), 595-602.
- Morgan, J. B., Savell, J. W., Hale, D. S., Miller, R.K., Griffin, D.B., Cross, H.R., & Shackelford, S.D. (1991). National beef tenderness survey. *Journal of Animal Science*, 69(8), 3274-3283.
- Moriel, P., Nayigihugu, V., Cappelozza, B. I., Gonçalves, E. P., Krall, J. M., Foulke, T., Cammack, K. M., & Hess, B. W. (2011). Camelina meal and crude glycerin as

- feed supplements for developing replacement beef heifers. *Journal of Animal Science*, 89(12), 4314-4324.
- Muchenje, V., Dzama, K., Chimonyo, M., Strydom, P.E., Hugo, A., & Raats, J.G. (2009). Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. *Food Chemistry*, 112(2), 279-289.
- Oliveira, I.M., Paulino, P.V.R., Marcondes, M.I., Valadares Filho, S.C., Cavali, J., Prados, L.F., Duarte, M.S., & Detmann, E. (2011). Beef quality traits of Nellore, F1 Simmental × Nellore and F1 Angus × Nellore steers fed at the maintenance level or *ad libitum* with two concentrate levels in the diet. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(12), 2894-2902.
- Olson, D. G., Jr, F. C. P., & Stromer, M. H. (1976). Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. *Journal of Food Science*, 41(5), 1036-1041.
- Page, J.K., Wulf, D.M., & Schwotzer, T.R. (2001). A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science*, 79(3), 678-687.
- Parker, A.J., Dobson, G.P., & Fitzpatrick, L.A. (2007). Physiological and metabolic effects of prophylactic treatment with the osmolytes glycerol and betaine on *Bos indicus* steers during long duration transportation. *Journal of Animal Science*, 85(11), 2916-2923.
- Picard, B., Juire, C., Duris, M.P., & Renand, G. (2006). Consequences of selection for higher growth rate on muscle fibre development in cattle. *Livestock Science*, 102(1), 107–120.
- Rehfeldt, C., & Kuhn, G. (2006). Consequences of birth weight for postnatal growth performance and carcass quality in pigs as related to myogenesis. *Journal of Animal Science*, 84(Suppl.13), 113–123.
- Rhoades, R.D.; Sawyer, J.E.; Chung, K.Y., Schell, M.L., Lunt, D.K., Smith, S.B. (2007). Effect of dietary energy source on in vitro substrate utilization and insulin sensitivity of muscle and adipose tissues of Angus and Wagyu steers. *Journal of Animal Science*, 85(7), 1719-1726.
- SAS, 2009. SAS User's Guide: Statistics. SAS for Windows. Release 9.2. SAS Institute Inc., Cary NC.
- Shackelford, S.D., Wheeler, T.L., & Koohmaraie, M. (1997). Tenderness classification of beef: I. Evaluation of beef longissimus shear force at 1 or 2 days post mortem as a predictor of aged beef tenderness. *Journal of Animal Science*, 75(9), 2417-2422.
- Sainz, R. D., & Hasting, E. (2000). Simulation of the development of adipose tissue in beef cattle. In J. P. Mcnamara, J. France, & D. E. Beaver (Eds.), *Modeling nutrient utilization in farm animals* (pp. 175–182). New York: CABI.
- Silva, C.C.G., Rego, O.A., Simões, E.R.E., Rosa, H.J.D. (2010). Consumption of high energy maize diets is associated with increased soluble collagen in muscle of Holstein bulls. *Meat Science*, 86(3), 753-757.
- Smith, S. B., & J. D. Crouse. (1984). Relative contributions of acetate, lactate, and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. *Journal of Nutrition*, 114(4), 792–800.
- Schoonmaker, J.P., Fluharty, F.L., Loerch, S.C. (2004). Effect of source and amount of energy and rate of growth in the growing phase on adipocyte cellularity and

- lipogenic enzyme activity in the intramuscular and subcutaneous fat depots of Holstein steers. *Journal of Animal Science*, 82(1),137-148.
- Thompson, J. M., Perry, D., Daly, B., Gardner, G. E., Johnston, D. J., & Pethick, D. W. (2006). Genetic and environmental effects on the muscle structure response post-mortem. *Meat Science*, 74(1), 59–65.
- Valadares Filho, S.C., Marcondes, M. I., Chizzotti, M.L., & Paulino, P.V.R., 2010. Exigências nutricionais de puros e cruzados – BR-CORTE. Suprema Gráfica Ltda. 193.
- Versemann, B.A., Wiegand, B.R., Kerley, M.S., Porter, J.H., Roberts, K. S., Evans, H.L. (2008). Dietary inclusion of crude glycerol changes beef steer growth performance and intramuscular fat deposition. *Journal of Animal Science*, 86(E-Suppl.2), 478.
- Ward, R. E., Woodward, B., Otter, N., & Doran, O. (2010). Relationship between the expression of key lipogenic enzymes, fatty acid composition, and intramuscular fat content of Limousin and Aberdeen Angus cattle. *Livestock Production*, 127(1), 22-29.
- Warner, R.D., Greenwood, P.L., Pethick, D.W., & Fergunson, D.M. (2010) Genetic and environmental effects on meat quality. *Meat Science*, 86(1), 171-183.
- Wheeler, T. L., Savell, J. W., Cross, H. R., Lunt, D. K. & Smith, S. B. (1990). Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. *Journal of Animal Science*, 68(12), 4206-4220.
- Wheeler, T. L., Cundiff, L. V., & Koch, R. M. (1994). Effects of marbling degree on beef palatability in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science*, 72(12), 3145-3151.
- Whipple, G., Koohmaraie, M., Dikeman, M. E., Crouse, J. D., Hunt, M. C., & Klemm, R. M. (1990). Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science*, 68(9), 2716–2728.
- Woessner, J. F. (1961). The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this imino acid. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 93(2), 440–447.
- Zhang, S. X., Farouk, M. M., Young, O. A., Wieliczko, K. J., & Podmore, C. (2005). Functional stability of frozen normal and high pH beef. *Meat Science*, 69(4), 765–772.

7. Tabelas

Tabela 1-Dieta experimental e composição dos nutrientes analisados, na base da matéria seca, em função da inclusão de glicerina na dieta

Item	Níveis de Glicerina na Dieta (% da MS)	
	5	15
Ingredientes (% da MS)		
Silagem de Milho	50.00	50.00
Milho Moído	34.80	23.10
Farelo de Soja	7.15	7.15
Glicerina Bruta	5.00	15.00
Ureia/Sulfato de Amônia	1.00	1.00
Sal Mineral ¹	0.50	0.60
Glúten de Milho	0.90	2.55
Calcário	0.65	0.60
Composição dos Nutrientes Analisados (% da MS)		
MO	95.68	94.81
Carboidratos Não Fibrosos	51.35	51.53
PB	13.17	13.24
FDNcp ²	31.37	29.99
Extrato Etéreo	3,30	3,57
Cinzas	4,32	5,19

¹Composição: 41.66 % Fosfato Dicálcio; 56.79% Sal; 0.20% Sulfato de Cobre; 1.19% Sulfato de Zinco; 0.03% Iodato de Potássio; 0.05% Sulfato de Cobalto; 0.08% Selenito de Sódio. Composição Mineral (por kg): 31.5g P; 31g S; 95g Na; 50g Mg; 1200 mg Mn; 3000 mg Zn; 600mg Fe; 600 mg Cobre; 36mg I; 10mg Se. ²FDNcp = Fibra em Detergente Neutro corrigida para cinza e proteína.

Tabela 2-Insulina sérica (μ IU/ml) e concentração de glicose plasmática (mg/l) de bovinos F₁ Red Angus x Nelore (NA) e Nelore (NE) alimentados com glicerina bruta

Item	GG ¹		Dieta ²		Valor -P		
	NA	NE	5%	15%	GG	Dieta	GGxDieta
Insulina	1.88±0.29	2.68±0.35	2.05±0.31	2.50±0.29	0.123	0.304	0.605
Glicose	75.32±3.35	90.68±3.48	83.12±3.00	82.88±3.34	0.009	0.957	0.960

¹Grupo Genético; ²Glicerina Bruta: 5% e 15% de substituição do milho na matéria seca total.

Tabela 3-PH e temperatura (T) do músculo *L. dorsi* de bovinos F₁ Red Angus x Nelore (NA) e Nelore (NE) alimentados com glicerina bruta

Item	GG ¹		Dieta ²		Valor -P		
	NA	NE	5%	15%	GG	Dieta	GGxDieta
PH 0 h	7.19±0.07	6.98±0.07	7.14±0.06	7.03±0.07	0.064	0.220	0.381
PH 24 h	5.70±0.03	5.66±0.03	5.68±0.03	5.68±0.03	0.422	0.970	0.074
T. 0 h	36.96±0.42	36.46±0.43	36.57±0.38	36.85±0.41	0.452	0.632	0.982
T. 24 h	6.84±0.23	7.28±0.25	6.92±0.22	7.20±0.23	0.259	0.392	0.583

¹Grupo Genético; ²Glicerina Bruta: 5% e 15% de substituição do milho na matéria seca total.

Tabela 4-Frequência (%) e área de fibras (μm^2) do músculo *L. dorsi* de bovinos F₁ Red Angus x Nelore (NA) e Nelore (NE) alimentados com glicerina bruta

Item	GG ¹		Dieta ²		Valor -P		
	NA	NE	5%	15%	GG	Dieta	GGxDieta
Frequência (%)							
I	30.14±0.65	29.38±0.73	30.11±0.63	29.42±0.63	0.482	0.451	0.325
IIA	26.81±1.35	23.37±1.42	26.06±1.28	24.11±1.23	0.124	0.289	0.417
IIB	43.01±1.37	46.63±1.43	43.86±1.30	45.78±1.24	0.110	0.302	0.366
Área da seção transversal das fibras musculares (μm^2)							
I	1852.46±70.3	1621.40±73.7	1622.52±66.8	1851.34±63.9	0.052	0.024	0.747
IIA	2371.17±65.0	1896.82±68.1	2002.39±61.7	2265.60±59.0	0.0002	0.006	0.721
IIB	3033.25±80.1	2807.04±84.0	2939.54±72.8	2900.75±76.1	0.090	0.718	0.704

¹Grupo Genético; ²Glicerina Bruta: 5% e 15% de substituição do milho na matéria seca total.

Tabela 5-Avaliação instrumental da cor do músculo *L. dorsi* de bovinos F₁ Red Angus x Nelore (NA) e Nelore (NE) alimentados com glicerina bruta

Item	GG ¹		Dieta ²		Valor -P		
	NA	NE	5%	15%	GG	Dieta	GGxDieta
<i>L</i> *	39.11±0.66	39.03±0.66	39.56±0.60	38.59±0.60	0.942	0.271	0.237
<i>a</i> *	17.00±0.44	17.25±0.44	16.94±0.40	17.31±0.40	0.717	0.527	0.364
<i>b</i> *	9.11±0.32	8.75±0.32	9.08±0.30	8.78±0.30	0.472	0.471	0.262
Saturação	19.29±0.52	19.35±0.52	19.23±0.47	19.41±0.47	0.936	0.783	0.716
Tonalidade	28.13±0.52	26.88±0.52	28.14±0.47	26.87±0.47	0.132	0.073	0.098

¹Grupo Genético; ²Glicerina Bruta: 5% e 15% de substituição do milho na matéria seca total.

Tabela 6-Força de cisalhamento (FC), índice de fragmentação miofibrilar (IMF), colágeno total (CT) e solúvel (CS) do músculo *L. dorsi* de bovinos F₁ Red Angus x Nelore (NA) e Nelore (NE) alimentados com glicerina bruta

Item	GG ¹		Dieta ²		Valor -P		
	NA	NE	5%	15%	GG	Dieta	GGxDieta
FC (Kg)	2.97±0.21	2.90±0.21	2.96±0.19	2.90±0.19	0.828	0.832	0.452
IMF	64.70±2.03	70.72±1.93	68.40±1.78	67.02±1.85	0.333	0.793	0.527
CT (mg/g)	5.76±0.17	8.87±0.17	7.24±0.16	7.39±0.16	<0.0001	0.520	0.002
CS (%)	28.53±0.52	19.10±0.52	23.26±0.47	24.38±0.47	<0.0001	0.114	0.237

¹Grupo Genético; ²Glicerina Bruta: 5% e 15% de substituição do milho na matéria seca total.

Tabela 7-Perdas por descongelamento (PDESC), perdas por gotejamento (PGOT), perdas por evaporação (PEVAP), perdas por cocção (PCOC) e perdas totais (PTOTAIS) do músculo *L. dorsi* de bovinos F₁ Red Angus x Nelore (NA) e Nelore (NE) alimentados glicerina bruta

Item	GG ¹		Dieta ²		Valor -P		
	NA	NE	5%	15%	GG	Dieta	GGxDieta
PDESC (%)	6.24±0.82	5.89±0.81	5.80±0.77	6.33±0.70	0.789	0.629	0.063
PGOT (%)	5.68±0.64	4.71±0.64	5.33±0.58	5.06±0.58	0.338	0.754	0.392
PEVAP (%)	14.41±1.23	16.62±1.31	14.36±1.12	16.67±1.18	0.273	0.176	0.547
PCOC (%)	20.71±1.29	21.29±1.29	20.39±1.17	21.61±1.17	0.774	0.476	0.611
PTOTAIS (%)	27.00±1.99	28.15±1.89	30.13±1.84	28.15±1.89	0.169	0.459	0.455

¹Grupo Genético; ²Glicerina Bruta: 5% e 15% de substituição do milho na matéria seca total.

Tabela 8-Composição centesimal (%) do músculo *L. dorsi* de bovinos F₁ Red Angus x Nelore (NA) e Nelore (NE) alimentados com glicerina bruta

Item	GG ¹		Dieta ²		Valor -P		
	NA	NE	5%	15%	GG	Dieta	GGxDieta
Água	78.35±0.58	78.40±0.49	78.79±0.52	77.96±0.48	0.956	0.259	0.142
Proteína	18.59±0.33	17.99±0.29	17.84±0.31	18.73±0.27	0.219	0.046	0.251
EE	1.59±0.21	2.03±0.19	1.72±0.20	1.91±0.17	0.161	0.489	0.541
Cinzas	1.67±0.27	1.13±0.24	1.40±0.21	1.41±0.23	0.198	0.972	0.589

¹Grupo Genético; ²Glicerina Bruta: 5% e 15% de substituição do milho na matéria seca total.

CAPÍTULO III

Características qualitativas de nove músculos, maturados ou não, de bovinos Nelore e F₁ Angus x Nelore alimentados com glicerina bruta

RESUMO: Foram avaliadas características qualitativas do coxão duro, picanha, alcatra, contra filé, filé mignon, lagarto, coxão mole, maminha, patinho de animais Nelore e F₁ Red Angus x Nelore, alimentados com glicerina bruta na dieta (5% e 15% em substituição ao milho na matéria seca total). Não houve efeito de grupo genético para força de cisalhamento (P=0.3758), índice de fragmentação miofibrilar (P=0.2192) e gordura intramuscular (P=0.6387), bem como de dieta no teor de colágeno total (P=0.1390), solubilidade de colágeno (P=0.6949), gordura intramuscular (P=0.5473), perda de exsudado por cocção (P=0.2824) e total (P=0.1831). Para todos os músculos a maturação reduziu a força de cisalhamento, não afetou valores de L^* e a^* e aumentou valores de b^* . De forma geral, independente do grupo genético, maiores teores de colágeno total foram observados no patinho e menor no filé mignon; enquanto maior solubilidade foi observada na alcatra, contra filé e filé mignon e menor no coxão duro, lagarto e patinho. O filé mignon apresentou maior frequência de fibras tipo I e patinho maior frequência de fibra tipo IIA, enquanto filé mignon e picanha apresentaram menor frequência de fibras IIB. Conclui-se que a eficiência da maturação é músculo-dependente e os teores de colágeno total e sua solubilidade parecem ser os principais determinantes de diferenças na textura entre diferentes músculos.

Palavras-chave: cor, fibra muscular, maturação, músculos do traseiro

1. Introdução

Grande parte dos estudos observa a incidência de fatores intrínsecos ou extrínsecos do animal sobre a qualidade da carne contemplando um número limitado de músculos (Franco et al., 2008b), embora exista na literatura alguns que avaliaram diferenças na maciez e outras propriedades entre músculos (Belew et al., 2003; Buford et al., 2003; Torrescano et al., 2003; Rhee et al., 2004; Gruber et al., 2006; Tschirhart-Hoelscher et al., 2006; Stolowski et al., 2006). Essa constante se deve a limitações financeiras e disponibilidade de animais, induzindo à extrapolação de observações, geralmente do contra filé, devido ao seu tamanho e valor comercial (Sañudo et al., 1998).

No entanto, a maciez do contra filé é pequena a moderadamente relacionada com a textura de outros músculos (Slanger et al., 1985; Shackelford et al., 1995; Shackelford et al., 1997; Wheeler et al., 2000a; Belew et al., 2003; Rhee et al., 2004; Hildrum et al., 2009), uma vez que há grande variação no comprimento de sarcômero, conteúdo de colágeno e grau de proteólise (Wheeler et al., 2000b; Ilian et al., 2001), levando a extrapolações errôneas a partir de informações disponíveis de um único músculo.

Adicionalmente, outro interesse em estudar diferentes músculos reside no fato de que um grande número destes é utilizado de forma menos nobre ou subutilizado (Belew et al., 2003). Dessa forma, para aumentar o valor global da carcaça, faz-se necessário caracterizá-los, desmistificando alguns aspectos e permitindo aumentar a consistência dos produtos (Buford et al., 2003; Tschirhart-Hoelscher et al., 2006), promovendo comercialização de forma mais eficaz, em base individual (Jones et al., 2001), bem como, admitindo orientação para utilização de tecnologias de processamento, como no caso da maturação (Tschirhart-Hoelscher et al., 2006).

Para Monsón et al. (2004) o processo de maturação afeta diretamente a força de cisalhamento, sendo, portanto, uma alternativa eficiente para resolução das diferenças individuais na maciez entre grupos genéticos, promovendo produtos mais homogêneos e aumentando seu valor de mercado, contudo, o resultado final dependeria, principalmente, do potencial de amaciamento de cada raça. Sañudo et al. (2004) consideram que existe um efeito de raça no processo de maturação da carne, avaliados por medidas físicas, como a força de cisalhamento.

Adicionalmente, Highfill et al. (2012) relataram que pouca pesquisa foi publicada comparando músculos de *Bos taurus* e *Bos indicus* que não seja o contra filé. Efeito de grupo genético no estado contrátil do músculo, degradação de proteínas, quantidade e

solubilidade do colágeno e teor de gordura necessita de mais estudos avaliando diferentes músculos da carcaça (Stolowski et al., 2006).

Entre possíveis efeitos da glicerina bruta como macroingrediente pode-se relacionar melhorias no grau de marmorização (Evans et al., 2008; Versemann et al., 2008); poupador de proteínas devido à utilização do carbono do glicerol preferencialmente para produção de glicose e aumento na insulina sanguínea (Parker et al., 2007); vantagem metabólica em relação ao propionato, entrando mais próximo da glicose na via gliconeogênica (Leng, 1970; Krehbiel, 2008), permitindo maior quantidade de energia disponível para o animal e possivelmente maior desempenho de animais alimentados com maiores níveis de glicerina bruta; glicerol aliado ao aumento na produção de insulina pode aumentar a disponibilidade de substrato para fibras tipo I e em menor proporção para fibras tipo IIA, proporcionando maior hipertrofia das mesmas, uma vez que absorção de glicose, níveis de GLUT-4, número de receptores de insulina e sensibilidade a insulina são mais elevados em fibras do tipo I em relação a fibras do tipo II, em especial fibras do tipo IIB (Lefaucheur et al., 2010). Adicionalmente, Cassar-Malek et al. (2004) sugerem que diversos tipos musculares apresentam diferentes sensibilidades nutricionais.

Diante do exposto, este estudo foi desenvolvido para avaliar os efeitos de grupo genético, glicerina bruta e maturação nas características qualitativas de nove músculos.

2. Material e Métodos

2.1. Animais, Dieta e Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido no Laboratório Animal do Departamento de Zootecnia desta Universidade em Viçosa, Minas Gerais, Brasil e aprovado pelo comitê de Bem-estar animal da Universidade Federal de Viçosa.

Foram confinados 24 bovinos inteiros, 12 Nelore (NE) e 12 F₁ Red Angus x Nelore (NA), com idade média de 18 meses e peso corporal médio inicial de 322.0±16.1 kg e 340.1 ±14.9 kg, respectivamente. Todos os animais pertenciam ao mesmo grupo contemporâneo, provenientes da mesma fazenda, e recriados em sistema extensivo. Seguida adaptação a dieta, os animais foram pesados e iniciou-se o período experimental de 84 dias (três períodos de 28 dias).

A dieta experimental foi composta de silagem de milho e concentrado, na proporção de 50: 50 (base da MS), diferindo somente no teor de glicerina bruta, em substituição ao milho, 5% glicerina bruta (5%GB) e 15% de glicerina bruta (15%GB), com base na matéria seca total. A composição química, base da MS, da glicerina bruta

utilizada foi: 89.46 % de MS; 0.2% de PB; 7.76% de ácidos graxos totais; 92.57% de carboidratos não fibrosos; 90.04% de glicerol; 11.26% de cinzas; 9.86% de etanol e 1.79% de metanol. A proporção de ingredientes das dietas experimentais é apresentada na Tabela 1.

2.2. Abate, processamento de amostras, maturação

Ao término do período experimental os animais foram abatidos por concussão cerebral, seguida de venissecção da jugular e carótida, seguindo práticas de bem estar e abate, regulamentada pelo MAPA (2000). Seguido ao abate, as carcaças identificadas, foram refrigeradas a 4°C durante 24 horas. Após desossa foram retirados da meia-carcaça os seguintes músculos: *Biceps femoris* (BF), coxão duro; *Biceps femoris* porção dorsal (BFD), picanha; *Gluteus medius* (GM), alcatra; *Longissimus dorsi* (LD), contra filé; *Psoas major* (PM), filé mignon; *Semimembranosus* (SM), lagarto; *Semitendinosus* (ST), coxão mole; *Tensor da fascia latae* (TFL), maminha; e *Vastus lateralis* (VL), patinho. De cada músculo foi retirada duas amostras, na região mediana. A primeira foi embalada a vácuo e armazenadas a -20° C para avaliação das análises qualitativas nos músculos não maturados (NM) e a segunda foi embalada a vácuo e maturada (M) por sete dias, em câmara fria a 4°C; e em seguida congeladas para avaliação das análises qualitativas. Amostras para análise de fibra foram armazenadas a -80°C e para análise de cor foram utilizadas imediatamente a retirada das amostras.

2.3. Análise instrumental da cor

A análise de cor foi realizada em bifes de 2.54 cm, previamente expostos ao ar por 30 minutos em ambiente a 4°C. A cor objetiva foi medida em cinco locais da superfície da amostra utilizando-se colorímetro CR-400 (Konica, Minolta), ajustado à fonte iluminante D65 e ângulo de 10° para o observador. O colorímetro foi calibrando antes da utilização de acordo com recomendações do fabricante. Os valores de *CIE L* a* b** foram obtidos a partir da média das cinco medições.

2.4. Identificação Histoquímica e Área da Seção transversal de Fibra Muscular

Transferiu-se as amostras do ultrafreezer para um criomicrotomo Leica® CM 1850TM (Leica Microsystems, Wetzlar, Germany) onde foram fixadas com resina *Optimal Critical Temperature compound* – OCT Tissue-Tek® (Sakura, Finetek, Zoeterwoude, The Netherlands) em suportes metálicos do criostato. Foram feitos cortes seriados de 12 µm, perpendiculares ao sentido das fibras. Após cortadas, as fibras foram coladas às lâminas; estas estavam em temperatura ambiente e foram previamente

embebidas em solução de gelatina e sulfato de cromo e potássio. As lâminas foram coradas baseando-se nas variações de sensibilidade para atividade de adenosina trifosfatase miofibrilar (m-ATPase) em exposição a diferentes valores de pH Brooke & Kaiser (1970). Após ajuste de temperatura, todos os cortes foram submetidos à pré-incubação em pH 9.4 para ativação da m-ATPase. Posteriormente, metade das lâminas foram submetidas à incubação em pH 4.2 e incubação em pH 4.7. As fibras foram classificadas em I, IIA e IIB de acordo com Brooke & Kaiser (1970). Após coloração, foram capturadas 20 imagens de cada lâmina utilizando-se câmera Olympus® U-CMAD-2 (Olympus Corporation Tokyo Japan) acoplada diretamente ao microscópio ótico de luz Olympus® BX-60™ (Olympus Corporation, Tokyo, Japan), com objetiva de 10X e auxílio do aplicativo Image-Pro® Plus v.4.5.0.29 (Media Cybernetics, Maryland, USA). A frequência relativa (%) e a área (μm^2) das fibras foram calculadas a partir de pontos localizados em espaços vazios na máscara de grade (*grid mask*), que possuía, no total, 65 pontos. Para cada animal foram utilizadas 15 imagens (as melhores dentro das 20 imagens capturadas).

2.5. Força de Cisalhamento

Amostras de 2.54 cm de espessura foram descongeladas a 4°C por 24h e assadas em forno elétrico pré-aquecido a 150°C. A temperatura interna foi monitorada com termoacoplador ligado em termômetro tipo K, introduzido no centro geométrico de cada amostra. Ao atingir 35°C a amostra foi virada, deixando alcançar a temperatura de 70°C. Após cocção, as amostras foram resfriadas a 4°C por 24h (AMSA, 1995). Decorrido este tempo, oito amostras cilíndricas de 1.27 cm foram removidas de cada amostra, paralelas ao eixo das fibras musculares (AMSA, 1995). Cada amostra cilíndrica foi cortada centralmente, perpendicular ao eixo da fibra por equipamento Warner-Bratzler (GR Manufacturing Company, Manhattan, KS, EUA).

2.6. Perda de exsudado da carne

Para esta análise foram utilizadas as mesmas amostras utilizadas para força de cisalhamento. A perda por cocção foi determinada pela diferença de peso registrada antes e após cocção, enquanto a perda total foi calculada pela diferença de peso da amostra congelada, descongelada por 24 h a 4°C, e da amostra após cocção.

2.7. Índice de Fragmentação Miofibrilar

O índice de fragmentação miofibrilar foi determinado no músculo fresco de acordo com procedimentos de Olson et al. (1976), modificados por Culler et al. (1978).

Método do biureto (Gornall et al., 1949) foi utilizado para determinação da concentração de proteína. 4 g de músculo picado foi homogeneizada por 30 s (2x) em ultra-turrax com haste de cisalhamento (Marconi – MA 102/E) em 40 mL de solução tampão (TIFM) à 2°C (100 mM KCL, 20 mM de fosfato de potássio pH 7.0, 1.0 mM de EGTA, 1.0 mM MgCl₂, 1.0 mM NaN₃, pH 7.0). Após a homogeneização, as amostras foram centrifugadas a 1000 x g por 15 minutos, a 2°C e o sobrenadante descartado. O pellet foi ressuspensão em 40.0 mL de TIFM com bastão de vidro e a amostra centrifugada novamente a 1000 x g por 15 minutos, a 2°C. Após a centrifugação, o sobrenadante foi novamente descartado e o pellet ressuspensão em 10.0 mL de TIFM à 2°C, homogeneizado sob agitação vigorosa em vórtex e em seguida o material foi filtrado em peneira de polietileno com malha de 1.0 mm. Foram adicionados novamente 10.0 mL de TIFM à 2°C para lavagem do tubo de centrifuga e para auxiliar na filtragem. Para determinação de IFM as amostras foram preparadas com o TIFM para um volume final de 8.0 mL e concentração de proteína de 0.5 mg/mL. As amostras foram homogeneizadas e submetidas à leitura de absorbância (540nm) e o valor de IFM obtido pelo cálculo: IFM = absorbância x 200, em que 200 = fator de escala para converter os valores de absorbância conforme sugerido por Culler et al. (1978).

2.8. Colágeno Total, Colágeno Solúvel e Gordura Intramuscular

Utilizou-se metodologia de Woessner (1961), com ajustes de Hadlich et al., (2006). 5,0 g de amostras moídas, em duplicata, mais 20 ml de água foram colocados em tubo de centrífuga (50 ml). Os tubos foram colocados em banho-maria a 80°C por 120 minutos. Após resfriamento do tubo (4°C por 15 minutos), este foi centrifugado a 27,216×g por 20 minutos a 2°C, usando centrífuga Beckman Coulter, Fullerton, CA. Sobrenadante e sedimento foram separados em tubos de vidros, onde foram adicionados 30 mL e 50 mL de HCl 6N, respectivamente. As amostras foram levadas para estufa a 100 °C por 16 horas, para hidrólise. Em seguida, foram filtradas e diluídas em 1:10 e 1:25, respectivamente e tiveram o pH ajustado para 6,0 com solução de NaOH 2N. Em tubo de ensaio foram colocados 2 ml do filtrado neutralizado e 1 ml de solução oxidante (1.41 g de cloramina T dissolvida em 100 ml de solução tampão; 30.0 g de ácido cítrico monohidratado, 15 g de NaOH, 90 g de acetato de sódio trihidratado dissolvidos em 500 ml de água destilada e 290 ml de isopropanol completando para 1 litro). Após descansar por 20 minutos à temperatura ambiente, adicionou-se, em cada tubo, 1.0 ml do reagente de cor (5 g de 4-dimetilbenzaldeído, 20 ml de isopropanol, 9 ml de ácido perclórico 60%), agitou-se em vórtex, cobriu-se os tubos com papel alumínio e colocou-se em

banho-maria a 60°C por 15 minutos. Em seguida foram arrefecidos e as amostras lidas em espectrofotômetro a 560 nm. Para determinação do colágeno real o conteúdo de hidroxprolina do sobrenadante foi multiplicado por 7.52 e do resíduo por 7.25 (Cross et al., 1973), em seguida dividiu-se por 1000, para obtenção do conteúdo de colágeno no sobrenadante (solúvel) e resíduo (insolúvel). Colágeno total (mg de colágeno/g de carne) foi definido como a soma do colágeno solúvel mais insolúvel. A percentagem de colágeno solúvel foi calculada como colágeno solúvel dividido pelo colágeno total, multiplicado por 100. Para determinação da gordura intramuscular foi realizada a análise de extrato etéreo (Método 920.85; AOAC, 1990).

2.9. Análise Estatística

Os dados foram analisados utilizando-se dois modelos diferentes. No primeiro, incluem-se efeitos fixos de grupo genético (Nelore e F₁ Red Angus x Nelore), níveis de glicerina (5% e 15% na matéria seca total), maturação (não e sim), músculos (coxão duro, picanha, alcatra, contra filé, filé mignon, coxão mole, lagarto, maminha, patinho), todas as interações possíveis entre estes quatro efeitos e peso inicial como covariável. O efeito de maturação e suas interações não foram incluídos no segundo modelo, o qual foi utilizado para as características: área transversal e frequência das fibras musculares, colágeno total, solubilidade de colágeno e gordura intramuscular. Uma vez que os dados foram coletados em diferentes músculos de um mesmo animal, e as amostras passaram pelo processo de maturação, o modelo inclui a matriz de estrutura de covariância para explicar erros correlacionados. Para o primeiro modelo, um produto de combinação de simetria direta (UNC's) da matriz foi ajustado de modo a considerar os dois níveis de correlação (maturação dentro dos músculos), enquanto que uma combinação de simetria (CS) foi utilizada para a matriz do segundo modelo. Para cada variável resposta, "outliers" foram removidos, com finalidade de alcançar a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Os resíduos foram plotados contra os valores previstos, com a finalidade de avaliar a homogeneidade de variância. Médias dos mínimos quadrados foram estimadas e comparadas pelo teste de Tukey, quando efeitos foram significativos. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o procedimento MIXED UNIVARIADA do SAS 9.2 (Statistical Analysis System Institute, Inc., Cary, NC, USA), $\alpha=0,05$.

3. Resultados

3.1. Interações

Observou-se interação grupo genético x maturação na percentagem de perda de exsudado por cocção (P=0.0367) e total (P=0.0173) e maturação x dieta para índice de fragmentação miofibrilar (P=0.0032).

Houve interação músculo x maturação para valor de L^* (P=0.0003), valor de b^* (P=0.0201), perda de exsudado por cocção (P=0.0002), perda de exsudado total (P<0.0001), força de cisalhamento (P=0.0002), índice de fragmentação miofibrilar (P=0.0002) e interação músculo x maturação x dieta para valor de a^* (P=0.0443); Tabela 2.

Em relação área da seção transversal foi observada interação músculo x grupo genético para fibras I (P=0.0350), IIA (P<0.0001), IIB (P=0.0060) e interação músculo x dieta para fibras I (P=0.0001), IIA (P<0.0001), IIB (P=0.0475). Houve interação músculo x grupo genético x dieta para frequência de fibras I (P=0.0019) e IIA (<0.0001) e interação músculo x grupo genético para frequência de fibra IIB (P<0.0001), colágeno total (P<0.0001) e colágeno solúvel (P<0.0001); Tabela 3.

3.2. Frequência das fibras musculares

Em relação a músculos individuais, a picanha apresentou menor frequência de fibras I e maior frequência de fibras IIA em animais NA alimentados com 5%GB. Para demais músculos individuais, a interação grupo genético x dieta não influenciou a frequência de fibras I e IIA (Figura 1). A frequência de fibras IIB foi menor na picanha de animais NA, não havendo influencia de grupo genético na frequência destas fibras nos demais músculos individuais (Figura 2).

Animais NA apresentaram maior frequência de fibras I no filé mignon (39.59±1.31), intermediária no contra filé (30.52±1.31), coxão duro, picanha, coxão mole (25.70±1.31) e menor no patinho (21.75±1.31) quando alimentados com 5%GB; bem como maior frequência deste tipo de fibra no filé mignon (40.12±1.31), intermediária na picanha (35.91±1.31), contra filé (30.76±1.31) e menor no coxão duro, coxão mole e patinho (22.11±1.31) quando alimentados com 15%GB (Figura 1).

Em relação a fibras IIA, animais NA apresentaram maior frequência na picanha (42.81±1.27), intermediária no coxão mole, patinho (31.68±1.27), coxão duro, contra filé (27.84±1.27) e menor no filé mignon (22.57±1.27) quando alimentados com 5%GB;

enquanto não houve diferença na frequência deste tipo de fibra em animais NA alimentados com 15%GB, apresentando média de 28.38 ± 1.27 (Figura 1).

Animais NE apresentaram maior frequência de fibras I no filé mignon (40.99 ± 1.42), intermediária na picanha (35.73 ± 1.42), contra filé (30.73 ± 1.42), coxão mole, patinho (24.00 ± 1.42) e menor no coxão duro (21.19 ± 1.42) quando alimentados com 5%GB; assim como maior frequência deste tipo de fibra na picanha, filé mignon (29.42 ± 1.25), intermediária no contra filé (28.78 ± 1.25), coxão mole, patinho (23.11 ± 1.25) e menor no coxão duro (20.18 ± 1.25) quando alimentados com 15%GB (Figura 1).

Em relação a fibras IIA, animais NE apresentaram maior frequência no patinho (35.83 ± 1.38), intermediária no coxão duro (30.45 ± 1.38), picanha, contra filé, coxão mole (25.73 ± 1.38) e menor no filé mignon (20.31 ± 1.38) quando alimentados com 5%GB; bem como maior frequência deste tipo de fibra no patinho (31.31 ± 1.20), intermediária no coxão duro, coxão mole (30.90 ± 1.20), picanha, filé mignon (26.06 ± 1.20) e menor no contra filé (22.75 ± 1.20), quando alimentados com 15%GB (Figura 1).

Animais NA apresentaram maior frequência de fibras tipo IIB no coxão duro, contra filé, coxão mole, patinho (45.30 ± 1.04) e menor na picanha, filé mignon (34.96 ± 1.04); enquanto animais NE apresentaram maior frequência deste tipo de fibra no coxão duro, contra filé, coxão mole (47.32 ± 1.04), intermediária no patinho (42.07 ± 1.04) e menor na picanha, filé mignon (39.20 ± 1.04); Figura 2. A dieta não influenciou a frequência de fibras IIB (42.79 ± 0.47 ; $P=0.0640$).

3.3. Área da secção transversal das fibras musculares

Em relação a músculos individuais, animais NA apresentaram maior área de fibra tipo I na picanha e coxão mole; tipo IIA na picanha, contra filé e patinho; e tipo IIB no contra filé em comparação aos animais NE (Figura 3).

A área das fibras tipo I nos animais NA foi maior na picanha (2025.02 ± 43.00), intermediária no contra filé (1817.25 ± 43.00), filé mignon, coxão mole (1554.75 ± 43.00) e menor no coxão duro, patinho (1369 ± 43.00); enquanto nos animais NE foi maior na picanha, contra filé, filé mignon (1668.73 ± 44.24) e menor no coxão duro, coxão mole, patinho (1236.27 ± 43.28); Figura 3.

A área das fibras tipo IIA nos animais NA foi maior na picanha (2585.19 ± 45.94), intermediária no contra filé (2364.69 ± 45.94), filé mignon (2009.91 ± 45.94), coxão duro, patinho (1864.07 ± 45.94) e menor no coxão mole (1707.65 ± 45.94); enquanto em

animais NE foi maior na picanha (2240.00±46.28), intermediária no contra filé, filé mignon (1964.19±47.84), patinho (1722.70±46.28) e menor no coxão duro, coxão mole (1582.58±46.28); Figura 3.

A área das fibras IIB nos animais NA foi maior no contra filé (3060±46.66), intermediária no coxão duro, picanha (2900.00±46.66), patinho (2727.16±46.66), filé mignon (2673.21±46.66) e menor no coxão mole (1819.40±46.66); enquanto em animais NE foi maior na picanha (2927.32±44.07), intermediária no coxão duro, contra filé (2759.86±45.54), filé mignon, patinho (2667.50±44.07) e menor no coxão mole (1820.64±44.07); 3.

Em relação a músculos individuais, animais alimentados com 15%GB apresentaram maior área de fibra I e IIA no filé mignon em comparação a animais alimentados com 5%GB. A dieta não afetou a área das fibras IIB, para músculos individuais (Figura 4).

A área das fibras I em animais alimentados com 5%GB foi maior na picanha (1881.93±44.26), intermediária no contra filé, filé mignon (1627.23±44.26), coxão mole (1430±44.26) e menor no coxão duro, patinho (1245.93±44.26); enquanto em animais alimentados com 15%GB foi maior na picanha, contra filé (1888.05±44.56), intermediária no filé mignon (1538.61±44.56), coxão mole (1372.71±44.56) e menor no coxão duro, patinho (1329.68±44.56); Figura 4.

A área das fibras IIA em animais alimentados com 5%GB foi maior na picanha (2440.41±47.39), intermediária no filé mignon (2116.85±47.39), contra filé, patinho (1888.15±48.95) e menor no coxão mole (1576.40±47.39); enquanto em animais alimentados com 15%GB foi maior na picanha (2384.78±43.44), intermediária no contra filé (2272.32±43.44), filé mignon (1851.70±43.44), patinho (1863.13±43.44) e menor no coxão duro, coxão mole (1698.61±43.44); Figura 4.

A área das fibras IIB em animais alimentados com 5%GB foi maior no coxão duro, picanha, contra filé, patinho (2816.43±45.99), intermediária no filé mignon (2674.31±45.25) e menor no coxão mole (1794.39±45.25); enquanto em animais alimentados com 15%GB foi maior na picanha, contra filé (2977.62±41.51), intermediária no coxão duro (2809.65±41.51), filé mignon, patinho (2668.80±41.51) e menor no coxão mole (1845.65±41.51); Figura 4.

3.4. Medidas objetivas de cor L^* , a^* , b^*

Animais NA apresentaram carne com maior valor de L^* ($P=0.0087$) e menor valor de a^* ($P=0.0463$) e b^* ($P=0.0446$) quando comparados com animais NE, sendo L^*

41.56±0.41 e 39.83±0.41; a^* 18.09±0.27 e 18.94±0.27; b^* 11.59±0.20 e 10.97±0.20, respectivamente. Animais alimentados com 5%GB apresentaram carne com maior valor L^* ($P= 0.0236$) quando comparados com animais alimentados com 15%GB, sendo L^* 41.32±0.37 e 40.07±0.37, respectivamente. Os valores de b^* ($P=0.2332$) não foram influenciados pela dieta, apresentando média de 11.28±0.08.

O valor de L^* de músculos individuais não foi influenciado pela maturação. A luminosidade foi maior no lagarto (45.73±0.60), menor no contra filé (37.16±0.61) e intermediária nos demais músculos (40.26±0.56); Tabela 4.

Entre dietas, a maturação não influenciou o valor de a^* de músculos individuais. Animais alimentados com 5%GB apresentaram maior intensidade de vermelho na alcatra e patinho (19.05±0.63), intermediária no coxão duro, picanha, contra filé, filé mignon, coxão mole e lagarto (17.68±0.48) e menor na maminha (15.90±0.53); enquanto animais alimentados com 15%GB apresentaram maior intensidade de vermelho no patinho (21.05±0.59), intermediária no coxão duro, alcatra e coxão mole (19.67±0.59) e menor na picanha, contra filé, filé mignon, lagarto e maminha (17.38±0.47); Figura 5.

O valor de b^* de músculos individuais foi maior em todos os músculos maturados. A intensidade de amarelo foi maior na alcatra, coxão mole, lagarto, patinho (11.81±0.38), intermediária no coxão duro (10.38±0.38), picanha (9.67±0.28), filé mignon (9.11±0.50) e menor na maminha (8.25±0.41); Tabela 4.

3.5. Perda de exsudado

A carne de NE teve menor percentagem de perda por cocção e total quando maturada (23.01±0.50 e 28.42±0.50, respectivamente) em comparação a carne não maturada (30.99±0.49 e 35.99±0.50, respectivamente); enquanto a carne não maturada e maturada de animais NA não apresentou diferença para perda por cocção e total (29.33±0.50 e 33.84±0.51, respectivamente). Animais NE e NA apresentaram mesma perda por cocção e total (30.33±0.49 e 35.35±0.50, respectivamente). Perda de exsudado por cocção ($P=0.2824$) e total ($P=0.1831$) não foram influenciadas pela dieta, apresentando médias de 29.51±0.35 e 33.92±0.35, respectivamente.

A maturação reduziu a perda por cocção no contra filé, não afetando esta para demais músculos individuais. A perda por cocção foi maior no filé mignon, coxão mole, lagarto, patinho (33.21±1.01), intermediária na alcatra, maminha (30.01±1.00), coxão duro, picanha (29.47±0.90) e menor no contra filé (26.64±0.91); Tabela 5.

A perda total foi menor na alcatra, contra filé, coxão mole e patinho maturados, para demais músculos individuais esta não foi influenciada pela maturação. A perda total foi maior no patinho (38.97 ± 1.08), intermediária na alcatra, filé mignon, coxão mole, lagarto, maminha (37.15 ± 1.03), coxão duro, picanha (33.83 ± 0.94) e menor no (30.95 ± 0.97); Tabela 5.

3.6. Colágeno Total, Solubilidade do Colágeno e Gordura Intramuscular

Não houve efeito de dieta no teor de colágeno total ($P=0.1390$) e solubilidade de colágeno ($P=0.6949$), sendo as médias 9.88 ± 0.12 e 15.02 ± 0.17 , respectivamente.

Em relação a músculos individuais, contra filé e maminha de animais NE apresentaram maior teor de colágeno total (Figura 6). Animais NA apresentaram maior teor de colágeno no patinho (13.99 ± 0.32), intermediário na picanha (11.96 ± 0.32), coxão mole, lagarto, maminha (11.09 ± 0.32), coxão duro (10.73 ± 0.32), alcatra, contra filé (6.18 ± 0.32) e menor no filé mignon (3.47 ± 0.32); enquanto animais NE apresentaram maior teor de colágeno no patinho (13.56 ± 0.32), intermediário na maminha (13.19 ± 0.32), coxão mole (11.74 ± 0.32), coxão duro, picanha, lagarto (11.00 ± 0.32), alcatra, contra filé (8.39 ± 0.32) e menor no filé mignon (3.67 ± 0.32); Figura 6.

Animais NA apresentaram maior solubilidade do colágeno no contra filé, filé mignon e maminha (Figura 7), em relação a músculos individuais. Animais NA apresentaram maior quantidade de colágeno solúvel no contra filé (28.63 ± 0.43), intermediária no filé mignon (24.53 ± 0.43), picanha, alcatra, maminha (16.75 ± 0.43), coxão mole, coxão duro (11.69 ± 0.43) e menor no lagarto, patinho (9.31 ± 0.43); enquanto animais NE apresentaram maior solubilidade no contra filé, alcatra, filé mignon (18.57 ± 0.43), intermediária na picanha (14.75 ± 0.43), coxão mole, maminha (12.32 ± 0.43) e menor no coxão duro, lagarto, patinho (9.92 ± 0.43); Figura 7.

Não houve efeito de grupo genético ($P=0.6387$) e dieta ($P=0.5473$) para o teor de gordura intramuscular na carne, sendo as médias 2.20 ± 0.14 e 2.12 ± 0.12 , respectivamente. Picanha, filé mignon e maminha apresentaram maior teor de gordura muscular com média de 2.94 ± 0.20 , para demais músculos a média foi 1.77 ± 0.20 .

3.7. Textura

Não houve efeito de grupo genético para força de cisalhamento ($P=0.3758$) e índice de fragmentação miofibrilar ($P=0.2192$), sendo as médias 4.2 ± 0.08 kg e 54.97 , respectivamente. Animais alimentados com 5%GB apresentaram carne com maior força de cisalhamento ($P= 0.0076$) quando comparados com animais alimentados com

animais alimentados 15%GB, apresentando média de 4.35 kg e 4.05 kg, respectivamente.

Houve interação maturação x dieta para índice de fragmentação miofibrilar ($P=0.0032$). Animais alimentados com 5%GB e 15%GB apresentaram maior fragmentação na carne maturada (61.97 ± 1.48 e 70.40 ± 1.48) em comparação a não maturada (44.13 ± 1.45 e 43.37 ± 1.47). Não havendo diferenças na fragmentação, entre dietas, para carne não maturada (43.75 ± 1.46).

A força de cisalhamento foi menor em todos os músculos individuais maturados (Tabela 6). Em relação a músculos não maturados a força de cisalhamento foi maior no coxão mole (5.46 ± 0.18), intermediária no coxão duro, lagarto, patinho, maminha (5.03 ± 0.21), coxão duro (4.41 ± 0.19), alcatra (3.65 ± 0.14), contra filé (3.70 ± 0.15) e menor no filé mignon (2.97 ± 0.20); enquanto em músculos maturados foi maior no coxão duro (4.74 ± 0.22), intermediária no coxão mole, lagarto (4.38 ± 0.18), patinho, maminha (4.06 ± 0.30), picanha (3.39 ± 0.18) e menor na alcatra, contra filé, filé mignon (2.56 ± 0.16); Tabela 6.

O coxão duro, alcatra, contra filé, filé mignon, coxão mole, lagarto e patinho apresentaram maior fragmentação das miofibrilas quando maturados, não havendo efeito da maturação para picanha e maminha (Tabela 6). Em relação aos músculos não maturados, a fragmentação miofibrilar foi maior na picanha (66.27 ± 3.47), intermediária na maminha (51.05 ± 3.85), coxão duro, filé mignon, coxão mole, patinho (42.42 ± 2.87) e menor na alcatra, contra filé, lagarto (35.59 ± 2.32); enquanto nos músculos maturados foi maior na picanha (76.55 ± 3.48), intermediária no coxão duro, alcatra, contra filé, filé mignon, coxão mole, lagarto (67.09 ± 2.68) e menor no patinho, maminha (58.54 ± 3.25); Tabela 6.

4. Discussão

4.1. Dieta

A principal fonte de carbono para síntese de ácidos graxos utilizados na deposição de gordura intramuscular é proveniente da glicose (Schoonmaker et al., 2004). O glicerol pode ser convertido a propionato no rúmen ou convertido a glicose no fígado (Krehbiel, 2008), sendo assim, a hipótese seria de aumento na disponibilidade de compostos gliconeogênicos e consequente aumento na deposição de gordura intramuscular com aumento nos níveis de glicerina bruta na dieta, fato este não observado no presente estudo. Verseman et al. (2008) encontraram que o valor ótimo

para otimização da deposição de gordura intramuscular com inclusão de glicerina bruta na dieta seria de 10%.

Dentre outras finalidades de uso, o glicerol tem sido utilizado como osmólito contra desidratação da carcaça durante transporte de bovinos (Parker et al., 2007) sob premissa de aumento da hidratação do tecido, devido aumento na pressão osmótica intracelular. Esperar-se-ia, portanto, aumento na capacidade de retenção de água com aumento de glicerina bruta na dieta. Entretanto, este fato não foi observado, possivelmente porque a quantidade de glicerol, para ambas as dietas, após metabolismo no rúmen e fígado, não foi suficiente para atuar na retenção de líquido no tecido muscular.

Sendo, dentro outros fatores, a luminosidade influenciada pela quantidade de água na superfície do músculo (Purchas, 1990), e não havendo diferença na capacidade de retenção de água, não era esperado que animais alimentados com 15%GB apresentassem carne mais escura. Em relação ao amarelo da carne, sabe-se que a glicerina bruta não possui substâncias carotenoides, ao contrário do milho. Esta substância está diretamente relacionada com o teor de amarelo, uma vez que é depositada em células adiposas e musculares (Priolo et al., 2001). Entretanto, é possível que a baixa deposição de gordura intramuscular não fosse capaz de promover diferenças no teor de amarelo entre dietas. De acordo com Lawrie (1983) dietas podem alterar o teor de vermelho da carne quando não fornecem energia diferenciada ao animal, alterando a concentração do pigmento heme (Lawrie, 1983) e consequentemente o valor de a^* . Em nosso estudo, ambas as dietas proporcionaram mesma energia (2.70 ± 0.07 Mcal/kg de MS; $P=0.3394$) e em níveis adequados.

A dieta não alterou o teor de colágeno total e sua solubilidade, bem como a fragmentação das miofibrilas, no entanto, animais alimentados com 5%GB apresentaram carne mais macia baseando-se na força de cisalhamento. Embora fatores pré-abate isolados, como taxa de crescimento, expliquem menor proporção da resistência mecânica da carne ao cisalhamento (Renand et al., 2001), é possível que a carne mais macia de animais alimentados com 5%GB seja explicada pela maior taxa de crescimento destes animais ($5\%GB=1.94 \pm 0.07$ e $15\%GB=1.69 \pm 0.08$; $P=0.0294$). De acordo com Fishel et al. (1985), animais com maior taxa de crescimento teriam carne mais macia devido ao maior turnover proteico no período pré-abate.

Embora modulação de fibras musculares possa ocorrer em função da dieta, bem como essa modulação seja mais explícita em fibras IIB (Wegner et al., 2000), o efeito da dieta na frequência de fibras parece estar mais relacionado com variações no teor de

energia (Choi & Kim, 2009), bem como dependente do tempo de alimentação (Suzuki et al., 1976; Oliveira et al., 2011). Portanto, possivelmente não se observa efeito de dieta na frequência de fibras IIB devido ao aporte de energia metabolizável (2.70 Mcal/kg de MS; P=0.3394) similar, bem como tempo insuficiente para que a modulação fosse notada.

4.2. Grupo Genético

Embora existam exceções, animais Nelore podem ser considerados naturalmente mais estressados e logo, mais agitados, o que poderia explicar sua carne levemente mais escura, com maior intensidade de vermelho, devido maior teor de mioglobina causado pela maior atividade e conseqüentemente apresentando menor luminosidade (Priolo et al., 2001). É possível, ainda, que o maior teor de oximioglobina esteja relacionado com maior oxidação, devido maior oxigenação, tornando a carne de animais Nelore mais amarela.

A força de cisalhamento e índice de fragmentação miofibrilar foi obtida pela média de nove músculos do traseiro, e ambas não diferiram entre grupos genéticos. Este dado é interessante, uma vez que não obstante existam estudos que sugiram que há diferenças entre zebuínos e taurinos na maciez da carne (Crouse, et al., 1989); Whipple et al., 1990; Wheeler et al., 1994; Highfill et al., 2012; Garcia et al., 2008 e Gursansky et al., 2008), usualmente, estes estudos avaliam estas características somente no contra filé (Ferraz & Felício, 2010).

De acordo com Wheeler et al. (2000a) a maciez de outros músculos é pequena a moderadamente correlacionada com a maciez do contra filé devido variações no comprimento de sarcômero, conteúdo de colágeno e possível variação no grau de proteólise (Wheeler et al., 2000b). Assim, é possível dizer que, para os principais músculos do traseiro, a maciez não é influenciada pelo grupo genético, e os resultados permitem um valor geral mais acurado de força de cisalhamento para ambos os grupos genéticos.

De acordo com Ward et al. (2010), animais Red Angus possuem elevada deposição de gordura intramuscular, principalmente em comparação aos zebuínos, no entanto este fato não foi observado no presente estudo, possivelmente por estar trabalhando com animais F₁ Red Angus e não puros. Adicionalmente, é possível que o período de confinamento não tenha sido suficiente para estabelecer diferenças entre grupos genéticos, devido dois motivos: Primeiro porque se sabe que a deposição de gordura obedece a uma ordem cronológica, na qual a última a ser depositada é a gordura

intramuscular (Sainz & Hasting, 2000) e segundo porque os animais utilizados foram inteiros, o que poderia ter retardado ainda mais a proliferação das células adiposas, devido aos hormônios andrógenos, que interferem na partição da energia ingerida em favor da síntese proteica. Ambas as explicações poderiam, ainda, serem responsáveis pelo baixo teor de marmoreio encontrado em ambos os grupos genéticos.

O acúmulo de ácido láctico durante o *rigor mortis* culmina em redução do pH da carne. Uma vez que o pH aproximou-se do ponto isoelétrico (pI) das principais proteínas, especialmente miosina (pI = 5.4), a carga líquida de proteínas é igual à zero, ou seja, grupos positivos e negativos dentro da proteína são atraídos e resultam na redução da quantidade de água que pode ser atraída e mantida por essas proteínas (Huff-Lonergan and Lonergan, 2005), sendo o pH, dentre outros fatores, responsável por alterações na capacidade de retenção de água. Franco et al. (2008b) atribuíram ausência de diferenças na CRA ao semelhante pH na carcaça, nesse estudo, semelhante para ambos os grupos genéticos (5.68; P=0.0648). Sobczak et al. (2005) corroboram nossos resultados, não encontrando diferenças na capacidade de retenção de água entre animais de diferentes grupos genéticos.

4.3. *Maturação*

Ao maturar diferentes músculos, a intenção principal foi avaliar a eficácia desta como técnica para melhorar a maciez de músculos do traseiro considerados de maior dureza, e conseqüentemente, de menor valor econômico, no intuito de padronizá-los com músculos de maior valor. A maturação reduziu a força de cisalhamento de todos os músculos estudados, este efeito positivo, foi observado por Gruber et al. (2006) ao maturar os mesmos músculos por sete dias.

De acordo com a Universidade de Nebraska, pode-se ranquear os músculos da carcaça em macios (FC<3.90 kg), intermediários (3.9 kg<FC<4.6 kg) e duros (FC>4,6 kg). Nesse trabalho, quando não maturados, contra filé, alcatra e filé mignon foram considerados macios; picanha, maminha e patinho intermediários; e coxão duro, coxão mole, lagarto de textura dura. Quando se avalia o efeito individual da maturação, a picanha e maminha passaram de textura intermediária para macia; coxão mole e lagarto passaram de textura dura para intermediária.

Embora a maturação por sete dias tenha reduzido o valor de força de cisalhamento do coxão duro e patinho, essa alteração não foi suficiente para melhorar a classificação de ambos. Ademais, contra filé, alcatra e filé mignon não precisariam passar pelo processo de maturação e possivelmente seriam necessários mais dias, para que o coxão

duro e patinho tivessem melhorados seus valores de força de cisalhamento, como documentado por Gruber et al. (2006). Além disso, Hildrum et al. (2009) atribuem a menor maciez do coxão duro ao seu maior conteúdo de colágeno e indicam tratamento com marinadas ou colagenases, uma vez que modificações na estrutura do colágeno, com enfraquecimento das ligações intermoleculares durante a maturação, teria contribuição irrisória para melhoria da textura (Monsón et al., 2004).

Stolowski et al. (2006) agruparam músculos quanto à sensibilidade à maturação, observando que alcatra e contra filé têm resposta lenta, mas contínua ao envelhecimento; coxão mole resposta ligeira até 14 dias; lagarto e patinho resposta baixa e coxão duro não teria resposta com a maturação; a medida que o filé mignon, com maciez inicialmente adequada, não tem resposta significativa com a maturação (Koohmaraie et al, 1988). A melhora não significativa da maciez no filé mignon e coxão duro pode estar relacionada com níveis baixos de calpaína observados nestes músculos (Koohmaraie et al, 1988), bem como ao alto teor de colágeno no último (Hildrum et al., 2009).

A redução da resistência com a maturação é atribuída principalmente à alterações na estrutura miofibrilar, uma vez que o tecido conectivo é estável após a morte do animal, podendo predizer mais de 50% da variação na textura da carne (Hopkins et al., 2000). A fragmentação miofibrilar não foi alterada com a maturação somente na picanha e maminha, para demais músculos esta foi aumentada, explicando, em parte, melhora na textura da carne, quando maturada. A ausência de efeito da maturação no IFM da picanha e maminha pode estar relacionada com envelhecimento efetivo um dia após o abate (Hopkins et al., 2000), resultando em alterações mínimas na fragmentação destes músculos após sete dias de maturação.

A variabilidade na taxa e extensão da maturação entre diferentes músculos pode ser devido a diferenças no conteúdo de enzimas e mais provavelmente na relação enzima/inibidor (Sentandreu et al., 2002), bem como devido ao comprimento do sarcômero e teor de colágeno (Koohmaraie et al., 2002), todos, músculo específico. Parte dessas discrepâncias podem ser atribuídas à proporção de fibras musculares, que promovem diferenças no metabolismo de energia *post mortem*, declínio de pH e conseqüentemente na atividade proteolítica (England et al., 2011).

A capacidade de retenção de água foi maior na alcatra, contra filé, coxão mole e patinho bem como na carne de animais NE, quando estes passaram pelo processo de maturação. Miller et al. (1968) afirmaram que ao longo da maturação ocorre aumento na

capacidade de retenção de água, uma vez que a atividade proteolítica, ao provocar a clivagem de ligações peptídicas libera grupos polares disponíveis para hidratação.

Por outro lado, Kristensen & Purslow (2001) relatam que o aumento da CRA com a maturação seria explicado pela maior retenção de água precoce, quando há rápida degradação das ligações intermiofibrilares (desmina), permitindo maior espaço para a água residir, e assim, menor quantidade de água seria perdida inicialmente, resultando em maior CRA final (Morrison et al., 1998). Contra filé, coxão mole e patinho foram considerados músculos glicolíticos nesse estudo, e embora não se tenha avaliado as fibras da alcatra, Kirchofer et al. (2002) caracteriza-o como glicolítico. Estes músculos têm maior relação calpaína: calpastatina, o que resulta em maior proteólise e conseqüentemente maior CRA, segundo a hipótese relatada por Kristensen & Purslow (2001) supracitada.

A degradação de proteínas no período de maturação está diretamente relacionada com pH, que modifica as propriedades de dispersão da luz e conseqüentemente influenciam os valores de L^* , a^* , b^* (Kadim et al., 2013), contudo, nesse estudo, valores de L^* e a^* não tenham sido afetados pela maturação, para nenhum músculo.

Embora se espere que haja alteração na luminosidade da carne com o período de estocagem, possivelmente o pH atingido com a glicólise logo após a morte, foi suficiente para manter o ponto isoelétrico das proteínas estável ao longo dos sete dias de maturação, não havendo aumento na dispersão da luz (Abril et al., 2001), e conseqüentemente, não obtivemos alteração da luminosidade para nenhum músculo individual.

De acordo com Hood (1980), a carne maturada à vácuo, após ser exposta ao ar, apresenta um avermelhamento mais intenso, provavelmente devido redução na taxa de consumo de oxigênio em consequência da redução na atividade de enzimas mitocondriais. Ao longo do tempo de armazenamento, a atividade do sistema enzimático redutor da metamioglobina também vai decrescendo, no entanto, de forma mais gradual (Ordonez & Ledward, 1977). O balanço entre os dois processos resultaria em aumento na capacidade da carne tornar-se mais vermelha. Em nosso estudo não houve efeito da maturação na intensidade de vermelho, para os diferentes músculos individuais, provavelmente porque o tempo de maturação não foi suficiente para promover redução suficiente da atividade das enzimas supracitadas em relação à carne não maturada.

Músculos maturados normalmente apresentam maior intensidade de amarelo, como pode ser observado para todos os músculos estudados, fato atribuído ao

armazenamento e temperatura. Em temperaturas mais elevadas há aceleração da taxa de oxidação de pigmentos e aumento na reação oxidante no interior do tecido (Faustman & Cassens, 1990), isso por redução da defesa antioxidante e incremento no grau de oxidação dos lipídeos devido à ação de radicais livres (Renerre, 1999), podendo inclusive aumentar a oxidação de proteínas miofibrilares (Rowe et al., 2004).

No que diz respeito ao grupo genético e maturação, Sañudo et al. (2004) consideram que existe um efeito de raça no processo de maturação da carne, avaliados por medidas físicas, como a força de cisalhamento, contudo não observado em nosso estudo. Adicionalmente, Johnson et al. (1990) alegam que a ausência de interação entre grupo genético e maturação pode ser atribuído à ausência de influencia do grau de sangue na textura da carne.

4.4. Músculos

No presente estudo avaliou-se o músculo coxão duro e sua porção dorsal (picanha), separadamente, uma vez que o último é de grande valor econômico em nosso mercado (Picanha). Reuter et al. (2002) avaliando a variação intramuscular da maciez corrobora nossos resultados, destacando melhor maciez da picanha, e atribuindo este fato a variação intramuscular no tipo de fibra, quantidade e solubilidade de colágeno e no efeito da queda de temperatura *post mortem*, devido sua posição na carcaça.

Stolowski et al. (2006) afirmam que músculos da região lombar como contra filé e filé mignon apresentam menor força de cisalhamento e possuem menor teor de tecido conjuntivo em relação a músculos da região da perna. Contudo, Belew et al. (2003) relatam que generalidades devem ser usadas com cuidado, principalmente quando uma variedade individual de músculos são avaliados para maciez. Como exemplo podemos citar a alcatra, que de forma geral, apresentou maciez, teor de colágeno e solubilidade de colágeno semelhante ao contra filé e filé mignon, embora Stolowski et al. (2006) classifique a alcatra como músculo da região lombar.

Os valores de força de cisalhamento da alcatra em nosso estudo estão de acordo com Belew et al. (2003), não obstante Rhee et al. (2004) tenha observado grande variabilidade na maciez deste músculo, atribuindo esta variação ao tecido conectivo e em maior proporção, devido ao comprimento de sarcômero, menor entre os músculos estudados por este autor.

Maiores valores de força de cisalhamento para o coxão mole são relatados por Belew et al. (2003) e Tschirhart-Hoelscher et al. (2006) e para o músculo coxão duro por Koohmaraie et al. (1988), Torrescano et al. (2003), Buford et al. (2003) e Rhee et al.

(2004). Da mesma forma, menor força de cisalhamento foi relatada no filé mignon seguido ou igual ao contra filé (Franco et al., 2008a; Belew et al., 2003; Torrescano et al., 2003; Rhee et al., 2004; Tschirhart-Hoelscher et al., 2006; Koohmaraie et al., 1988; Shackelford et al., 1995).

Conforme Shackelford et al. (1995), a fragmentação das miofibrilas representa maior proporção na variação da maciez global entre músculos do que a quantidade de tecido conjuntivo e essa variação ocorre também dentro de cada músculo. Para o filé mignon, principalmente, a premissa da fragmentação não parece ser verdade, sendo sua maciez melhor explicada pelo maior comprimento de sarcômero, bem como pelo menor teor de colágeno e alta solubilidade do mesmo (Torrescano et al., 2003; Rhee et al., 2004).

O filé mignon tem uma maior proporção de fibras vermelhas em relação à maioria dos músculos. Hunt & Hedrick (1977) reportam que músculos vermelhos têm alta concentração de Zn^{2+} , o qual inibe calpaínas (Koohmaraie, 1990), bem como menor relação calpaína: calpastatina (Ouali, 1990; Koohmaraie, 1996), o que explicaria menor participação da proteólise *post mortem* na determinação da textura do filé mignon, bem como está em consenso com Wheeler et al. (2000b), os quais alegam que músculos com comprimento de sarcômero longo podem ser macios, sem proteólise extensiva.

De acordo com Belew et al. (2003), diferenças na qualidade da carne podem ser resultado de diferenças entre grupos genéticos. No entanto, Sobczak et al. (2005), Wheeler et al. (2000a) e Torrescano et al. (2003) observaram que independente do genótipo ou tempo de maturação, maior dureza e perda por cocção foi observada no músculo coxão duro, e intermediária lagarto e coxão mole. Segundo Panea et al. (2008), mudanças observadas na maciez durante a cocção são resultados das modificações que ocorrem no tecido conjuntivo e nas proteínas miofibrilares, implicando em dizer que o modo de cozimento é determinante da textura e músculo-específico.

Stolowski et al. (2006), Rhee et al. (2004) e Koohmaraie et al. (1988) corroboram nossos dados de colágeno total, independente do grupo genético, encontrando maior teor no coxão duro, patinho, lagarto e menor teor na alcatra, contra filé e filé mignon. E da mesma forma, músculos com altos teores de colágeno como coxão duro, patinho, lagarto, coxão mole apresentaram maior força de cisalhamento e alcatra, contra filé e filé mignon menor força de cisalhamento.

Stolowski et al. (2006) também encontraram maior solubilidade de colágeno no músculo contra filé, independente do grupo genético e, similarmente, músculos com colágeno mais solúvel, como contra filé e alcatra, apresentam menor força de

cisalhamento, o mesmo foi observado por Buford et al. (2003) e Rhee et al. (2004) para filé mignon, contra filé e alcatra.

Independente do grupo genético houve uma distância muito grande entre os músculos coxão duro e contra filé quanto à solubilidade do colágeno. De acordo com Torrescano et al. (2003) o tecido conjuntivo do músculo coxão duro parece ter uma temperatura de solubilização significativamente mais elevada em relação ao contra filé, explicitando a variação na estabilidade do colágeno de um músculo para o outro, dentro de um mesmo animal.

PurLOW et al. (2005) declaram que quantidade e composição do colágeno, bem como sua distribuição é possivelmente a diferença fenotípica mais variável entre músculos dentro de um mesmo animal. Em concordância, em nosso estudo diferenças no total de colágeno e sua solubilidade parecem explicar grande parte da variação na força de cisalhamento entre músculos (Torrescano et al., 2003 e Stolowski et al., 2006).

Sañudo et al. (2004) afirmam que o grupo genético tem um efeito significativo no colágeno total e solúvel, e que este fator poderia ser mais importante que o peso de abate ou o sistema de produção, da mesma forma, como dito anteriormente, o teor e solubilidade é músculo-dependente (PurLOW et al., 2005). Embora tenhamos observado nos músculos contra filé e maminha de animais NE maior teor de colágeno e em um terço dos músculos estudados (contra filé, maminha e filé mignon) menor solubilidade de colágeno nestes animais; o raqueamento de músculos para colágeno e sua solubilidade dentro de cada grupo genético, de forma geral foi similar.

Kirchofer et al. (2002) classificaram, arbitrariamente, os músculos oxidativos como aqueles com mais de 40% de fibras vermelhas e músculos glicolíticos como aqueles com mais de 40% de fibras brancas. Os músculos estudados nesse trabalho podem ser considerados glicolíticos, exceto pelo filé mignon, oxidativo (Sazili et al., 2005). Hunt & Hedrick (1977), Koohmaraie et al. (1988) e Melody et al. (2004) observaram alta proporção de fibras vermelhas em relação a demais músculos da carcaça para o filé mignon. Na classificação de Kirchofer et al. (2002) o patinho foi considerado intermediário.

De acordo com Kirchofer et al. (2002) características de fibras são significativamente influenciadas pelo peso, embora esteja indiretamente associada ao tamanho final do animal e a idade no momento do abate. Embora nossos animais tivessem a mesma idade, seu peso a maturidade é diferente, implicando em maior área de fibra para animais NA, uma vez que estes estavam mais pesados no momento do abate (NA=517.50 kg, NE=450.46 kg; P=0.0012).

No entanto, esta observação não foi generalizada, apresentando maior área de fibra em apenas alguns músculos (picanha, coxão mole para fibra I; picanha, patinho, contra filé para fibra tipo IIA e contra filé para fibra tipo IIB). Esta observação desigual entre músculos pode estar relacionada com a sequencia temporal na diferenciação pós-natal da atividade metabólica, que parece estar estreitamente relacionada com a intensidade do crescimento, a qual possui alometria músculo específica (Brandstetter et al., 1998).

Adicionalmente, Johnston et al. (1975) encontraram maior diâmetro de fibras, principalmente IIB, em animais de maior peso ao abate, enquanto Kirchofer et al. (2002) não encontraram efeito de peso de carcaça no tamanho de fibra muscular, não obstante tenham observado tendência de aumento da área com aumento de peso de alguns músculos.

Embora tenhamos observado efeito de dieta somente para o músculo contra filé na área de fibra muscular tipo I e IIA, maior nos animais alimentados com 15%GB e igual área para fibra tipo IIB, esta observação está de acordo com nossa hipótese inicial de que poderia haver efeito diferencial do glicerol na hipertrofia de fibras musculares. Fibras tipo I têm maior absorção de glicose, níveis de GLUT-4, número de receptores de insulina e sensibilidade à insulina em relação a fibras do tipo II, mas principalmente em relação a fibras IIB (Lefaucheur et al., 2010), permitindo que dietas com maior teor de glicerol aumentasse a disponibilidade de substrato para fibras tipo I e IIA, aumentando sua hipertrofia e não afetando a área das fibras tipo IIB.

Maior valor de L^* foi observado no lagarto, o que pode ser explicado pela sua posição anatômica, com localização mais externa e tecido conjuntivo mais denso e visível, devido à função no animal, com menores teores de ferro (Buford et al., 2003; Von Seggern et al., 2005) e conseqüentemente maior luminosidade. O patinho, adjacente ao fêmur, tem alta concentração de ferro em relação aos outros músculos, tendo baixo valor de L^* (Von Seggern et al., 2005), o que não foi observado em nosso estudo, onde este músculo apresentou mesmo valor de L^* e a^* em relação aos outros músculos.

Com relação ao valor de b^* , este foi maior para o coxão mole (Von Seggern et al., 2005), todavia em nosso estudo este tenha sido igual a outros músculos. Buford et al. (2003) corroboram nossos resultados observando menores valores de a^* e b^* na maminha, embora outros músculos tenham apresentado mesmo valor.

Highfill et al. (2012) relataram que todos os músculos estudados de *Bos taurus* tiveram maior conteúdo lipídico intramuscular, o que provavelmente contribui para

melhor maciez. Contudo, nesse trabalho não houve efeito de grupo genético na gordura intramuscular para nenhum músculo estudado, bem como não houve efeito de dieta. Esperar-se-ia efeito de dieta na síntese de gordura de marmoreio, conforme encontrado por Mach et al. (2009), bem como efeito da dieta nessa deposição entre músculos, uma vez que o glicerol aumenta a concentração de insulina plasmática e relação insulina: glicose (Mach et al., 2009), sendo a resistência a insulina músculo dependente, uma vez que esta é diferenciada entre tipos de fibras musculares (Lefaucheur et al., 2010).

Não há uma explicação de nosso conhecimento para a maior deposição de gordura intramuscular na maminha. Para picanha e filé mignon, esta maior deposição pode ser atribuída a maior proporção de fibras tipo I, associada a maior deposição de tecido adiposo (Calkins et al., 1981).

Nossos dados de perda por cocção estão de acordo com Rhee et al. (2004) que relataram menor capacidade de retenção de água no lagarto e maior no contra filé e coxão duro. O encolhimento e ruptura das fibras musculares com aumento de calor, assim como danos no sarcolema contribuem para perdas durante cocção, no entanto, a contração do tecido conjuntivo durante este processo pode ser a principal força por trás dessas perdas (Pietrasik et al., 2013). Em contrapartida, Franco et al. (2008b) não encontraram diferenças significativas na CRA entre diferentes músculos avaliados, atribuindo este fato a pequena variação registrada no pH da carcaça.

5. Conclusão

A eficiência da maturação é músculo-dependente, melhorando a textura da picanha, maminha, lagarto e coxão mole. O filé mignon, contra filé e alcatra não precisam passar pelo processo de maturação, enquanto, por sete dias, não há melhora suficiente na textura coxão duro e patinho.

Os teores de colágeno total e sua solubilidade parecem ser os principais determinantes de diferenças na textura entre diferentes músculos.

O músculo filé mignon pode ser considerado um músculo oxidativo, sendo junto com o músculo contra filé de melhor textura.

A glicerina bruta promover hipertrofia diferencial das fibras musculares no contra filé.

6. Referências

Abril, M., Campo, M.M., Önenç, A., Sañudo, C., Albertí, O., & Neguerela, A.I. (2001). Beef colour evolution as a function of ultimate pH. *Meat Science*, 58(1), 69-78.

- AMSA (1995). American meat science association. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and tenderness measurements of fresh meat. Chicago: National Live Stock and Meat Board, IL.
- AOAC (1990). Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis (15 ed.). 1990. Washington: AOAC.
- Belew, J. B., Brooks, J. C., Mckenna, D. R., & Savell, J. W. (2003). Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Science*, 64(4), 507-512.
- Brandstetter, A.M., Picard, B., Geay, Y. (1998). Muscle fiber characteristics in four muscles of growing bulls I. Postnatal differentiation. *Livestock Production Science*, 53(1), 15-23.
- Brooke, M.H. & Kaiser, K.K. (1970). Three myosin adenosine triphosphatase system: the nature of their pH liability and sulphhydryl dependence. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry* 18(9), 670–672.
- Buford, M., Calkins, C., Jonhson, D. & Gwartney, B. (2004). Cow muscle profiling on chemical and physical properties of 21 muscles from beef and dairy cow carcasses. Nebraska Beef Report, 89 - 91.
- Calkins, C.R., Duston, T.R., Smith, G.C., Carpenter, Z.L., & Davis, G.W. (1981). Relationship of fiber type composition to marbling and tenderness of bovine muscle. *Journal of Food Science*, 46(3), 708-715.
- Cassar-Malek, I., Kahl, S., Jurie, C., & Picard, B. (2001). Influence of feeding level during post weaning growth on circulating concentrations of thyroid hormones and extrathyroidal 5'-deiodination in steers. *Journal of Animal Science*, 79(10), 2679-2687.
- Choi, Y.M., & Kim, B.C. (2009). Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality. *Livestock Science*, 122(2-3), 105-118.
- Cross, H. R., Carpenter, Z. L., & Smith, G. C. (1973). Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. *Journal of Food Science*, 38(6), 998-1003.
- Crouse, J. D., Cundiff, L. V., Koch, R. M., Koohmaraie, M., & Seideman, S. C. (1989). Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. *Journal of Animal Science*, 67(10), 2661-2668.
- Culler, R. D., Parrish, F. C., Smith, G. C., & Cross, H. R. (1978). Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. *Journal of Food Science*, 43(4), 1177–1180.
- Duarte, M.S., Paulino, P.V.R., Fonseca, M.A., Diniz, L.L., Cavali, J., Serão, N.V.L., Gomide, L.A.M., Reis, S.F., & Cox, R.B. (2011). Influence of dental carcass maturity on carcass traits and meat quality of Nellore bulls. *Meat Science*, 88(3), 441-446.
- England, E.M., Scheffler, J.M., Park, S., Kasten, S.C., Scheffler, T.L., Zhu, H., Fisher, K.D. Reinholt, B.M., Van Eyk, G.R., J.M., Stevenson, Roberson, R.C., & Gerrard, D.E. (2011). Proteolysis may be controlled by postmortem energy metabolism. *Proceedings 57 th ICOMST* : 1-4.

- Evans, H.L., Wiegand, B.R., Kerley, M.S., Porter, J. H., Roberts, K. S., & Versemann, B. A. (2008). Characterization of meat quality and lipid profile from steers fed crude glycerol. *Journal of Animal Science*, 86(E-Suppl.2), 40.
- Faustman C., & Cassens, R.G. (1990). The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. *Journal of Muscle Foods*, 1(3), 217-243.
- Ferraz, J. B. S., & Felício, P. E. D. (2010). Production systems - an example from Brazil. *Meat Science*, 84(2), 238-243.
- Franco, J., Feed, O., Bianchi, G., Garibotto, G., Ballesteros, F., Nan, F., Percovich, M., Piriz, M., & Bentancur, O. (2008a). Parámetros de calidad de carne en cinco músculos de novillos Holando durante la maduración *post-mortem* I. Calidad instrumental. *Agrociencia*, 12(1), 61 – 68.
- Franco, J., Feed, O., Bianchi, G., Garibotto, G., Ballesteros, F., Nan, F., Percovich, M., Piriz, M., & Bentancur, O. (2008b). Parámetros de calidad de carne en cinco músculos de novillos Holando durante la maduración *post-mortem*. II. Evolución del color durante su almacenamiento. *Agrociencia*, 12(1), 69 -73.
- Fishell, V. K., Aberle, E. D., Judge, M. D., & Perry, T. W. (1985). Palatability and muscle properties of beef as influenced by preslaughter growth rate. *Journal of Animal Science*, 61(1), 151–157.
- Garcia, L. G., Nicholson, K. L., Hoffman, T. W., Lawrence, T. E., Hale, D. S., Griffin, D. B., Savell, J.W., Vanoverbeke, D.L., Morgan, J.B., Belk, K.E., Field, T.G., Scanga, J.A., Tatum, J.D., & Smith, G.C. (2008). National Beef Quality Audit 2005: Survey of targeted cattle and carcass characteristics related to quality, quantity, and value of fed steers and heifers. *Journal of Animal Science*, 86(12), 3533–3543.
- Gornall, A. G., Bardawill, C. J., & David, M. M. (1949). Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *Journal of Biological Chemistry*, 177(2), 751-766.
- Gruber, S. L., J. D., Tatum, J. A., Scanga, P. L., Chapman, G. C. Smith, & Belk, K. E. (2006). Effects of postmortem aging and USDA quality grade on Warner-Bratzler shear force values of seventeen individual beef muscles. *Journal of Animal Science*, 84(12), 3387-3396.
- Gursansky, B., O'Halloran, J. M., Egan, A., & Devine, C. E. (2010). Tenderness enhancement of beef from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle following electrical stimulation. *Meat Science*, 86(3), 635-641.
- Hadlich, J. C., Morales, D. C., Silveira, A. C., Oliveira, H. N. O., & Chardulo, L. A. L. (2006). Efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos de distintos grupos genéticos. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 28(1), 57–62.

- Highfill, C.M., Esquivel-Font, O., Dikeman, M.E., Kropf, D.H. (2012). Tenderness profiles of ten muscles from F₁ Bos indicus x Bos taurus and Bos taurus cattle cooked as steaks and roasts. *Meat Science*. 90(4), 881-886.
- Hildrum, K. I., Rødbotten, R., Høy, M., Berg, J., Narum, B., & Wold, J. P. (2009). Classification of different bovine muscles according to sensory characteristics and Warner Bratzler shear force. *Meat Science*, 83(2), 302–307.
- Hood, D. E. (1980). Factors affecting the rate of metmyoglobin accumulation in pre-packaged beef. *Meat Science*, 4: 247-265.
- Hopkins, D. L.; Littlefield, P. J.; & Thompson, J. M. (2000). A research note on factors affecting the determination of myofibrillar fragmentation. *Meat Science* 56(1), 19-22.
- Huff-Lonergan E, Lonergan S M. (2005) Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of *postmortem* biochemical and structural changes. *Meat Science* 71(1), 194-204.
- Hunt, M. C., & Hedrick., H.B. (1977). Profile of fiber types and related properties of five bovine muscles. *Journal of Food Science*, 42, 513-517.
- Ilian, M. A., Morton, J. D., Kent, M. P., Le Couteur, C. E., Hickford, J., Cowley R. & Bickerstaff, R. (2001). Intermuscular variation in tenderness: Association with the ubiquitous and muscle-specific calpains. *Journal of Animal Science*, 79(1), 122-127.
- Johnson, D. D., Huffman, R. D., Williams, S. E., & Hargrove, D. D. (1990). Effects of percentage Brahman and Angus breeding, age-season of feeding and slaughter endpoint on meat palatability and muscle characteristics. *Journal of Animal Science*, 68, 2371-2577.
- Jones, S. J., Burson, D. E., & Calkins, C. R. (2001). Muscle profiling and bovine myology. (Online) <http://bovine.unl.edu>. (accessed: 02.10.2013).
- Johnston, D. M., W. G. Moody, J. A. Boling, & N. W. Bradley. (1981). Influence of breed type, sex, feeding systems, and muscle bundle size on bovine fiber type characteristics. *Journal of Food Science*, 46(6), 1760-1765.
- Kadim, I.T., Al-Karousi, A., Mahgoub, O., Al-Marzooqi, W., Khalaf, S.K., Al-Maqbali, R.S., Al-Sinani, & S.S.H., Raiymbek, G. (2013). Chemical composition, quality and histochemical characteristics of individual dromedary camel (*Camelus dromedarius*) muscles. *Meat Science*, 93(3), 564-571.
- Krehbiel, C.R. (2008). Ruminant and physiological metabolism of glycerin. *Journal of Animal Science*, 86(E-Suppl.2), 392.
- Kirchofer, K.S., Calkins, C.B., & Gwartney, B.L. (2002). Fiber type composition of muscles of the beef chuck and round. *Journal of Animal Science*, 80 (11), 2872-2878.
- Kristensen, L., & Purslow., P. P. (2001). The effect of ageing on the water-holding capacity of pork: role of cytoskeletal proteins. *Meat Science*, 58(1), 17-23.
- Koohmaraie, M., Shackelford, S., Veiseth, E. & Wheeler, T. (2002). Tenderness and muscle growth: is there any relationship. *Meat Science*, 62(3), 345-352.

- Koohmaraie, M., Doumit, M. E., & Wheeler, T. L. (1996). Meat toughening does not occur when rigor shortening is prevented. *Journal of Animal Science*, 74(12), 2935-2942.
- Koohmaraie, M. (1990). Inhibition of postmortem tenderization in ovine carcasses through infusion of zinc. *Journal of Animal Science*, 68, 1476-1483.
- Koohmaraie, M., Seideman, S. C., Schollmeyer, J. E., Dutson, T. R., & Babiker, A. S. (1988). Factors associated with the tenderness of three bovine muscles. *Journal Food Science*, 53(2), 407-410.
- Lawrie, R. A. (1983). Aspects of the biochemistry of meat. *International Journal of Biochemistry*, 15(3), 233-242.
- Lefaucheur, L. (2010). A second look into fibre typing-Relation to meat quality. *Meat Science*, 84(2), 257-270.
- Leng, R. A., 1970. Glucose synthesis in ruminants. *Advances in Veterinary Science & Comparative Medicine*, 14, 209-260.
- Mach, N., A. Bach, & M. Devant. (2009). Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. *Journal of Animal Science*, 87(2), 632-638.
- Miller, W. O., Saffle, R. L. & Zirkle, S. B. (1968). Factors which influence the water-holding capacity of various types of meat. *Food Technology*, 22: 89-92.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2000. Instrução Normativa número 3 de 17.01.2000-Technical Regulation of Methods for Humane Slaughtering of Livestock (Online). <http://www.agricultura.gov.br/animal/produtos-veterinarios/legislacao> (accessed 5.20.2009).
- Monsón, F. F., Sañudo, C., Sierra, I. (2004). Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. *Meat Science*. 68(4), 595-602.
- Morrison, E. H., Mielche, M. M., & Purslow, P. P. (1998). Immunolocalisation of intermediate filament proteins in porcine meat. Fibre type and muscle-specific variations during conditioning. *Meat Science*, 50(1), 91-104.
- Oliveira, I.M., Paulino, P.V.R., Marcondes, M.I., Valadares Filho, S.C., Cavali, J., Prados, L.F., Duarte, M.S., & Detmann, E. (2011). Beef quality traits of Nellore, F1 Simmental × Nellore and F1 Angus × Nellore steers fed at the maintenance level or *ad libitum* with two concentrate levels in the diet. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(12), 2894-2902.
- Olson, D. G., Jr, F. C. P., & Stromer, M. H. (1976). Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. *Journal of Food Science*, 41(5), 1036-1041.
- Ordonez, J. A., & Ledward., D. A. (1977). Lipid and myoglobin oxidation in pork stored in oxygen- and carbon-dioxide-enriched atmospheres. *Meat Science*, 1(1), 41-48.
- Panea, B., Sañudo, C., Olleta, J.L., & Civit, D. (2008). Efecto del método de maduración, tiempo de maduración, método de cocinado y espesor de la muestra sobre las características de textura de la carne bovina. *Eurocarne*, 167, 1-8.

- Parker, A.J., Dobson, G.P., & Fitzpatrick, L.A. (2007). Physiological and metabolic effects of prophylactic treatment with the osmolytes glycerol and betaine on *Bos indicus* steers during long duration transportation. *Journal of Animal Science*, 85(11), 2916-2923.
- Pietrasik, Z., Wang, H., & Janz, J.A.M. (2013). Effect of canola oil emulsion injection on processing characteristics and consumer acceptability of three muscles from mature beef. *Meat Science*, 93(2), 322-328.
- Priolo, A., Micol, D., & Agabriel, J. (2001). Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour: A review. *Animal Research*, 50(3), 185–200.
- Purchas R W. (1990). An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. *Meat Science*, 27(2), 120-140.
- Purslow, P. P. (2005). Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Science*, 70(3), 435-447.
- Quali, A. (1990). Meat tenderization: possible causes and mechanisms - a review. *Journal Muscles Foods*, 1(2), 129-134.
- Renand, G., Picard, B., Touraille, C., Berge, P., Lepetit, J. (2001). Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. *Meat Science*, 59(1), 49-60.
- Reuter, B. J., Wulf, D. M., & Maddock, R. J. (2002). Mapping intramuscular tenderness variation in four major muscles of the beef round. *Journal of Animal Science*, 80(10), 2594-2599.
- Rhee, M. S., Wheeler, T. L., Shackelford, S. D., & Koohmaraie, M. (2004). Variation in palatability and biochemical traits within age among eleven beef muscles. *Journal of Animal Science*, 82(2), 534-550.
- Rowe L. J., Maddock, K. R., Lonergan, S. M. & Huff-Lonergan, E. (2004) Oxidative environments decrease tenderization of beef steaks through inactivation of μ calpain. *Journal of Animal Science*, 82(11), 3254-3266.
- Sainz, R. D., & Hasting, E. (2000). Simulation of the development of adipose tissue in beef cattle. In J. P. Mcnamara, J. France, & D. E. Beaver (Eds.), *Modeling nutrient utilization in farm animals* (pp. 175–182). New York: CABI.
- Sañudo C., Macíe E.S., Olleta J.L., Villarroel, M., Panea, B., & Albertí, P. (2004). The effects of slaughter weight, breed type and ageing time on beef meat quality using two texture devices. *Meat Science*. 66(4), 925-932.
- Sañudo, C., Sanchez, A. & Alfonso, M. (1998). Small Ruminant Production Systems and Factors affecting lamb meat quality. In: 44th International Congress of Meat Science and Technology. pp: 20 - 47.
- Sazili, A.Q., Parr, T., Sensky, P.L., Jones, S.W., Bardsley, R.G., Buttery, P.J. (2005). The relationship between slow and fast myosin heavy chain content, calpastatin and meat tenderness in different ovine skeletal muscles. *Meat Science*, 69(1), 17-25.
- Schoonmaker, J.P., Fluharty, F.L., & Loerch, S.C. (2004). Effect of source and amount of energy and rate of growth in the growing phase on adipocyte cellularity and

- lipogenic enzyme activity in the intramuscular and subcutaneous fat depots of Holstein steers. *Journal of Animal Science*, 82(1), 137-148.
- Sentandreu, M. A., Coulis, G., & Ouali, A. (2002). Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Food Science & Technology*, 13(12), 400–421.
- Shackelford, S. D., Wheeler, T. L. & Koohmaraie, M. (1997). Repeatability of tenderness measurements in beef round muscles. *Journal of Animal Science*, 75(9), 2411-2416.
- Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., & Koohmarie, M. (1995). Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness rating of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. *Journal of Animal Science*, 73(11), 3333–3340.
- Slanger, W. D., Marchello, M. J., Danielson, R. B., Haugse, C. N., Johnson, V. K., Vidal, A. S., Dinusson, W. E., & Berg, P. T. (1985). Muscle tenderness, other carcass traits and the effect of cross-breeding on these traits in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 61(6), 1402-1407.
- Sobczak, M., Lachowicz, K., Kamieniecki, K., Wojcik, J., Gajowiecki, L., Zochowska, J., Zych, A., Kotowicz, M., Sablik, P., & Rzewucka, E. (2005). The effect of cattle genotype on texture of selected muscles during post-mortem ageing. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Food Science and Technology*, 8(3). (accessed in [http:// www.ejpau.media.pl](http://www.ejpau.media.pl)).
- Stolowski, G. D., Baird, B. E., Miller, R. K., Savell, J. W., Sams, A. R., Taylor, J. F., Sanders, J.O., & Smith S.B., (2006). Factors influencing the variation in tenderness of seven major beef muscles from three Angus and Brahman breed crosses. *Meat Science*, 73(3), 475-483.
- Suzuki, A., H. Tamate, & M. Okada. (1976). The effect of a high plane of nutrition during a given period of growth on size and proportion of skeletal muscle fiber types in the cattle. *Tohoku Journal of Agricultural Research*, 27, 20-25.
- Tschirhart-Hoelscher, T. E., Baird, B. E., King, D. A., McKenna, D. R., & Savell, J. W. (2006). Physical, chemical and histochemical characteristics of 18 lamb muscles. *Meat Science*, 73(1), 48-54.
- Torrescano, G., Sánchez-Escalante, A., Giménez, B., Roncalés, P., & Baltrán, J. A. (2003). Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. *Meat Science*, 64(1), 85-91.
- Von Seggern, V. & Calkins, C. (2001). Physical and chemical properties of 39 muscles from the beef chuck and round. *Nebraska Beef Report*. pp: 99-102.
- Verseman, B.A., Wiegand, B.R., Kerley, M.S., Porter, J.H., Roberts, K. S., Evans, H.L. (2008). Dietary inclusion of crude glycerol changes beef steer growth performance and intramuscular fat deposition. *Journal of Animal Science*, 86(E-Suppl.2), 478.
- Ward, R. E., Woodward, B., Otter, N., & Doran, O. (2010). Relationship between the expression of key lipogenic enzymes, fatty acid composition, and intramuscular fat content of Limousin and Aberdeen Angus cattle. *Livestock Production*, 127(1), 22-29.

- Wegner, J., Albrecht, E., Fiedler, I., Teuscher, F., Papstein, H. J., & Ender, K. (2000). Growth and breed-related changes of muscle fiber characteristics in cattle. *Journal of Animal Science*, 78(6), 1485-1496
- Wheeler, T. L., Shackelford, S. D., & Koohmaraie, M. (2000a). Relationship of beef longissimus tenderness classes to tenderness of gluteus medius, semimembranosus, and biceps femoris. *Journal of Animal Science*, 78(11), 2856-2861.
- Wheeler, T. L., Shackelford, S. D. & M. Koohmaraie. (2000b). Variation in proteolysis, sarcomere length, collagen content, and tenderness among major pork muscles. *Journal of Animal Science*, 78(4) 958-965.
- Wheeler, T. L., Cundiff, L. V., & Koch, R. M. (1994). Effects of marbling degree on beef palatability in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science*, 72(12), 3145-3151.
- Whipple, G., Koohmaraie, M., Dikeman, M. E., Crouse, J. D., Hunt, M. C., & Klemm, R. M. (1990). Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science*, 68(9), 2716–2728.
- Woessner, J. F. (1961). The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this imino acid. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 93(2), 440–447.

7. Tabelas e Figuras

Tabela 1-Dieta experimental, na base da matéria seca, em função da inclusão de glicerina na dieta

Item	Níveis de Glicerina na Dieta (% da MS)	
	5	15
Ingredientes (% da MS)		
Silagem de Milho	50.00	50.00
Milho Moído	34.80	23.10
Farelo de Soja	7.15	7.15
Glicerina Bruta	5.00	15.00
Ureia/Sulfato de Amônia	1.00	1.00
Sal Mineral ¹	0.50	0.60
Glúten de Milho	0.90	2.55
Calcário	0.65	0.60

¹Composição: 41.66 % Fosfato Dicálcio; 56.79% Sal; 0.20% Sulfato de Cobre; 1.19% Sulfato de Zinco; 0.03% Iodato de Potássio; 0.05% Sulfato de Cobalto; 0.08% Selenito de Sódio. Composição Mineral (por kg): 31.5g P; 31g S; 95g Na; 50g Mg; 1200 mg Mn; 3000 mg Zn; 600mg Fe; 600 mg Cobre; 36mg I; 10mg Se.

Tabela 2-Valor P para efeito de grupo genético, glicerina bruta, maturação, músculos e interações nas medidas objetivas de cor $L^*a^*b^*$, força de cisalhamento (FC), índice de fragmentação miofibrilar (IMF), perda de exsudado por cocção (PCOC) e perda de exsudado total (PTOTAL)

Valor P	L*	a*	b*	FC	IMF	PCOC	PTOTAL
Grupo Genético (GG)	0.0087	0.0463	0.0446	0.3758	0.2192	0.5427	0.7924
Glicerina Bruta (GB)	0.0236	0.1874	0.2332	0.0076	0.0160	0.2824	0.1831
Maturação (MAT)	0.4489	0.0134	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Músculo (MUSC)	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
GG x GB	0.3592	0.5390	0.2655	0.8406	0.3123	0.8684	0.1725
MAT x GG	0.3359	0.3174	0.4906	0.9663	0.1592	0.0367	0.0173
MAT x GB	0.7063	0.2565	0.3626	0.2257	0.0032	0.4830	0.3677
MAT x GG x GB	0.9260	0.4521	0.9290	0.3672	0.6222	0.7696	0.8581
MUSC x GG	0.0655	0.2173	0.4644	0.1449	0.1115	0.4390	0.0818
MUSC x GB	0.8913	0.5173	0.3525	0.3017	0.5358	0.4104	0.3677
MUSC x GG x GB	0.4980	0.8518	0.8301	0.1591	0.1545	0.2211	0.2640
MUSC x Mat.	0.0003	0.0074	0.0201	0.0002	0.0002	0.0002	<.0001
MUSC x Mat. x GG	0.4217	0.0670	0.0696	0.1652	0.1783	0.2215	0.2931
MUSC x Mat. x GB	0.8969	0.0443	0.4481	0.8517	0.6953	0.0701	0.1068
MUSC x Mat. x GG x GB	0.8033	0.7858	0.4650	0.5505	0.9718	0.6733	0.5309

Tabela 3-Valor P para efeito de grupo genético (GG), glicerina bruta (GB), músculos (MUSC) e interações nas medidas da área da seção transversal e proporção das fibras musculares I, IIA e IIB, colágeno total e colágeno solúvel

Valor -P	Área Fibra			Frequencia Fibra			Colágeno	
	I	IIA	IIB	I	IIA	IIB	Total	Solúvel
Grupo Genético	<.0001	<.0001	0.0058	0.7584	0.0038	0.0271	0.0019	<.0001
Glicerina Bruta	0.1022	0.1045	0.1320	0.1892	0.2056	0.0640	0.1390	0.6949
Músculo	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
GG x GB	0.6697	0.9111	0.0623	0.0358	0.0008	0.5019	0.2352	0.7837
MUSC x GG	0.0350	<.0001	0.0060	0.0047	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
MUSC x GB	0.0001	<.0001	0.0475	0.0159	<.0001	0.2534	0.3235	0.3540
MUSC x GG x	0.3755	0.0967	0.4989	0.0019	<.0001	0.0652	0.8901	0.1035

Tabela 4 – Interação músculo x maturação para medidas objetivas de cor L^* e b^*

Músculo	L^*		b^*	
	Não Maturado	Maturado	Não Maturado	Maturado
Coxão duro	39,85±0,55 b	40,28±0,55 c	10,38±0,38 Aab	12,59±0,38 Bbc
Picanha	39,01±0,38 b	37,64±0,38 d	9,67±0,28 Ab	11,22±0,25 Bcd
Alcatra	40,76±0,52 b	41,60±0,52 b	11,88±0,42 Aa	14,11±0,42 Bab
Contra filé	39,07±0,40 b	39,75±0,40 c	8,93±0,21 Abc	10,57±0,21 Bd
Filé Mignon	37,16±0,61 c	38,36±0,61 cd	9,29±0,40 Abc	10,82±0,40 Bcd
Coxão Mole	40,42±0,49 b	42,29±0,49 b	12,40±0,37 Aa	14,38±0,37 Bab
Lagarto	45,73±0,60 a	45,96±0,60 a	11,77±0,30 Aa	13,15±0,30 Bab
Maminha	40,35±1,01 b	41,20±1,02 bc	8,25±0,41 Ac	9,66±0,41 Bd
Patinho	42,39±0,57 b	40,67±0,57 bc	11,78±0,42 Aa	12,16±0,42 Bcd

Dentro da mesma coluna, médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si ($P>0.05$). Dentro da mesma linha, para cada variável, médias seguidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre si ($P>0.05$), não havendo nenhuma diferença, letras maiúsculas foram omitidas.

Tabela 5 – Interação músculo x maturação para a perda de exsudado por cocção (%) e total (%)

Músculo	Perda por cocção		Perda Total	
	Não Maturado	Maturado	Não Maturado	Maturado
Coxão duro	29,40±0,96 c	29,88±0,93 a	33,13±0,98 b	32,21±0,95 a
Picanha	29,54±0,83 c	26,69±0,83 a	34,53±0,89 b	32,05±0,90 a
Alcatra	30,64±0,77 bc	27,82±0,77 a	35,75±0,73 Aab	31,16±0,71 Ba
Contra filé	26,64±0,91 Ad	21,00±0,91 Bb	30,95±0,97 Ac	25,78±0,97 Ba
Filé Mignon	33,16±1,10 abc	29,85±1,03 a	38,84±1,42 ab	33,18±1,31 a
Coxão Mole	34,31±0,89 ab	30,50±0,89 a	38,70±0,76 Aab	33,54±0,76 Ba
Lagarto	31,11±0,95 abc	30,20±0,92 a	37,71±1,01 ab	34,57±0,98 a
Maminha	29,55±1,23 bc	27,38±1,27 a	34,71±1,25 ab	32,08±1,29 a
Patinho	34,26±1,10 abc	29,32±1,10 a	38,97±1,08 Aa	32,69±1,10 Ba

Dentro da mesma coluna, médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si ($P>0.05$). Dentro da mesma linha, para cada variável, médias seguidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre si ($P>0.05$), não havendo nenhuma diferença, letras maiúsculas foram omitidas.

Tabela 6-Interação músculo x maturação na força de cisalhamento (kg) e índice de fragmentação miofibrilar

Músculo	Força de Cisalhamento		Índice de Fragmentação Miofibrilar	
	Não Maturado	Maturado	Não Maturado	Maturado
Coxão duro	5,30±0,22 Aab	4,74±0,22 Ba	45,69±2,57 Ab	66,11±2,57 Bab
Picanha	4,45±0,18 Ab	3,39±0,18 Bc	66,27±3,47 a	76,55±3,48 a
Alcatra	3,65±0,14 Ab	2,91±0,14Bcd	36,79±2,40 Abc	67,06±2,47 Bab
Contra filé	3,70±0,15 Ab	2,40±0,16 Bcd	34,38±1,96 Abc	67,87±1,96 Bab
Filé Mignon	2,97±0,20 Ac	2,38±0,19 Bcd	39,46±3,43 Ab	67,99±3,65 Bab
Coxão Mole	5,46±0,18 Aa	4,32±0,18 Bab	41,15±2,82 Ab	67,42±2,82 Bab
Lagarto	5,27±0,18 Aab	4,43±0,18 Bab	35,59±2,61 Abc	66,14±2,60 Bab
Maminha	4,65±0,22 Aab	3,96±0,23 Babc	51,05±3,85 ab	58,64±3,84 b
Patinho	4,91±0,19 Aab	4,16±0,18 Babc	43,38±2,66 Ab	57,84±2,66 Bb

Dentro da mesma coluna, médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si ($P>0.05$). Dentro da mesma linha, para cada variável, médias seguidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre si ($P>0.05$), não havendo nenhuma diferença, letras maiúsculas foram omitidas.

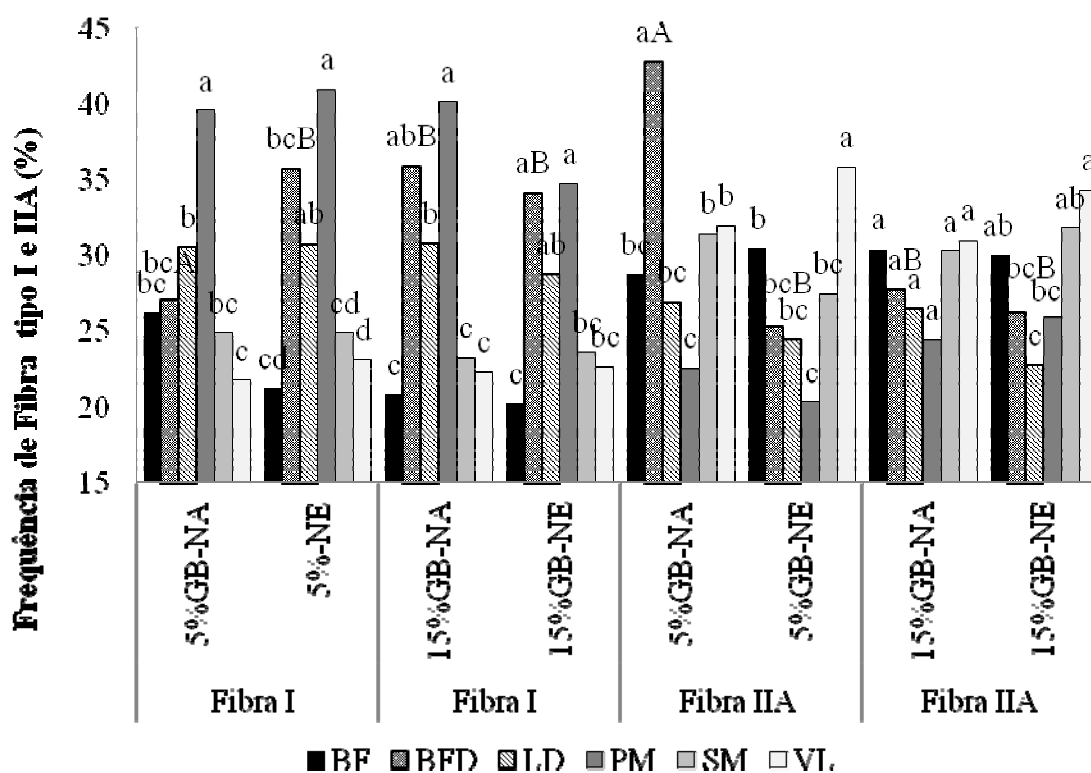


Figura 1 – Interação tripla Glicerina Bruta x Grupo Genético x Músculo. Dentro do mesmo efeito, músculos seguidos por letras minúsculas iguais não diferem entre si ($P>0.05$). Entre efeitos, músculos seguidos por letras maiúsculas iguais não diferem entre si ($P>0.05$), não havendo nenhuma diferença, letras maiúsculas foram omitidas. BF: Coxão Duro; BFD: Picanha; LD: Contra filé; PM: Filé Mignon; SM: Coxão Mole; VL: Patinho. 5%GB-NA e 15%GB-NA: Músculo de animais F₁ Red Angus x Nelore alimentados com 5% ou 15% de glicerina bruta; 5%GB-NE e 15%GB-NE: Músculo de animais Nelore alimentados com 5% ou 15% de glicerina bruta.

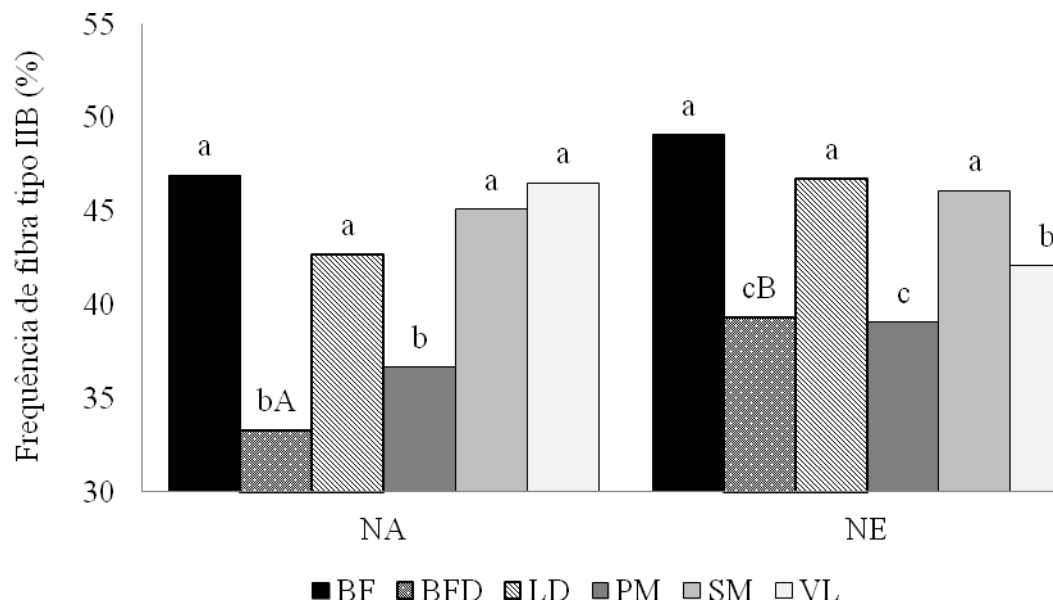


Figura 2 – Interação dupla Grupo Genético x Músculo. Dentro do mesmo efeito, músculos seguidos por letras minúsculas iguais não diferem entre si ($P>0.05$). Entre efeitos, músculos seguidos por letras maiúsculas iguais não diferem entre si ($P>0.05$), não havendo nenhuma diferença, letras maiúsculas foram omitidas. BF: Coxão Duro; BFD: Picanha; LD: Contra filé; PM: Filé Mignon; SM: Coxão Mole; VL: Patinho. Músculo de animais NA: F1 Red Angus x Nelore ou NE: Nelore.

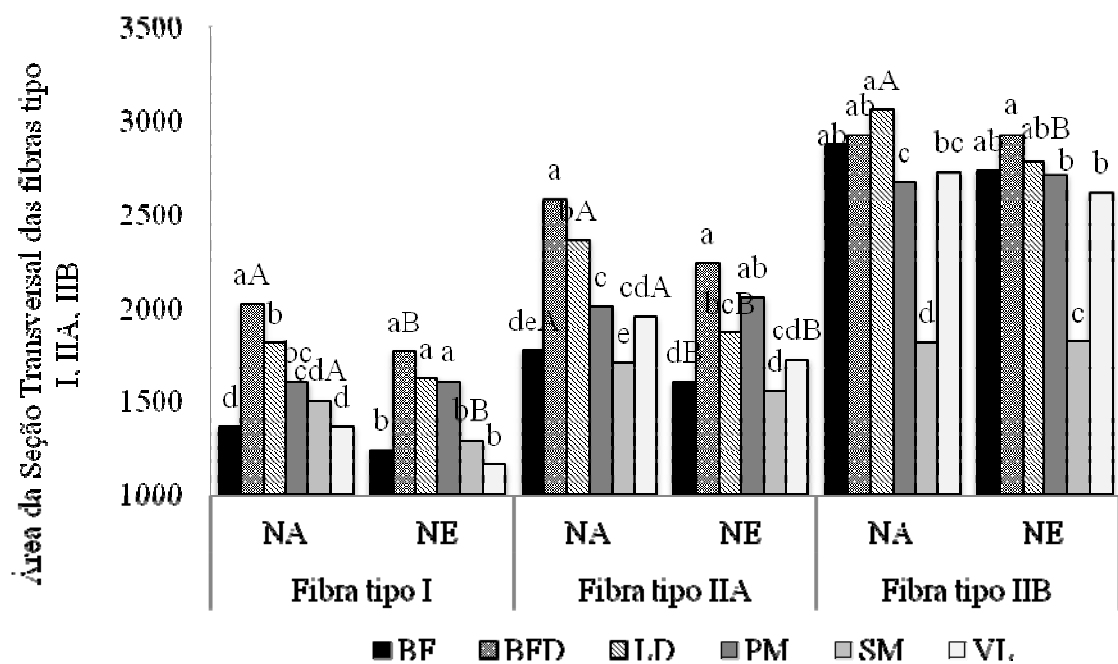


Figura 3 – Interação dupla Grupo Genético x Músculo. Dentro do mesmo efeito, músculos seguidos por letras minúsculas iguais não diferem entre si ($P>0.05$). Entre efeitos, músculos seguidos por letras maiúsculas iguais não diferem entre si ($P>0.05$), não havendo nenhuma diferença, letras maiúsculas foram omitidas. BF: Coxão Duro; BFD: Picanha; LD: Contra filé; PM: Filé Mignon; SM: Coxão Mole; VL: Patinho. Músculo de animais NA: F1 Red Angus x Nelore ou NE: Nelore.

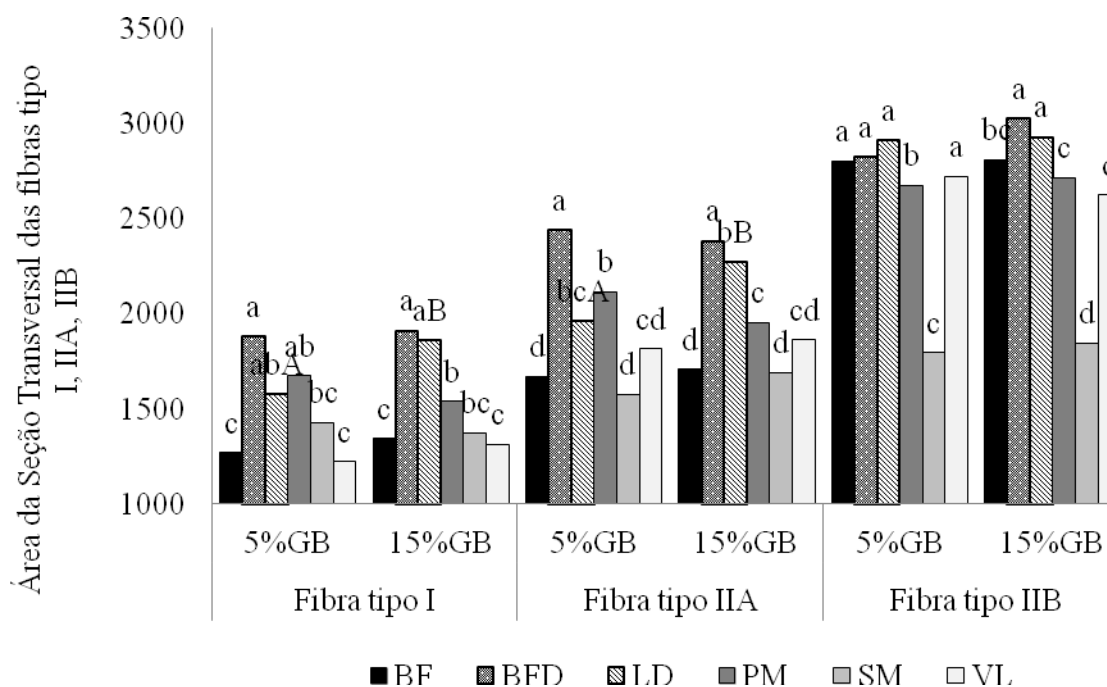


Figura 4 – Interação dupla Glicerina Bruta x Músculo. Dentro do mesmo efeito, músculos seguidos por letras minúsculas iguais não diferem entre si ($P > 0.05$). Entre efeitos, músculos seguidos por letras maiúsculas iguais não diferem entre si ($P > 0.05$), não havendo nenhuma diferença, letras maiúsculas foram omitidas. BF: Coxão Duro; BFD: Picanha; LD: Contra filé; PM: Filé Mignon; SM: Coxão Mole; VL: Patinho. 5%GB e 15%GB: Músculo de animais alimentados com 5% ou 15% de glicerina bruta.

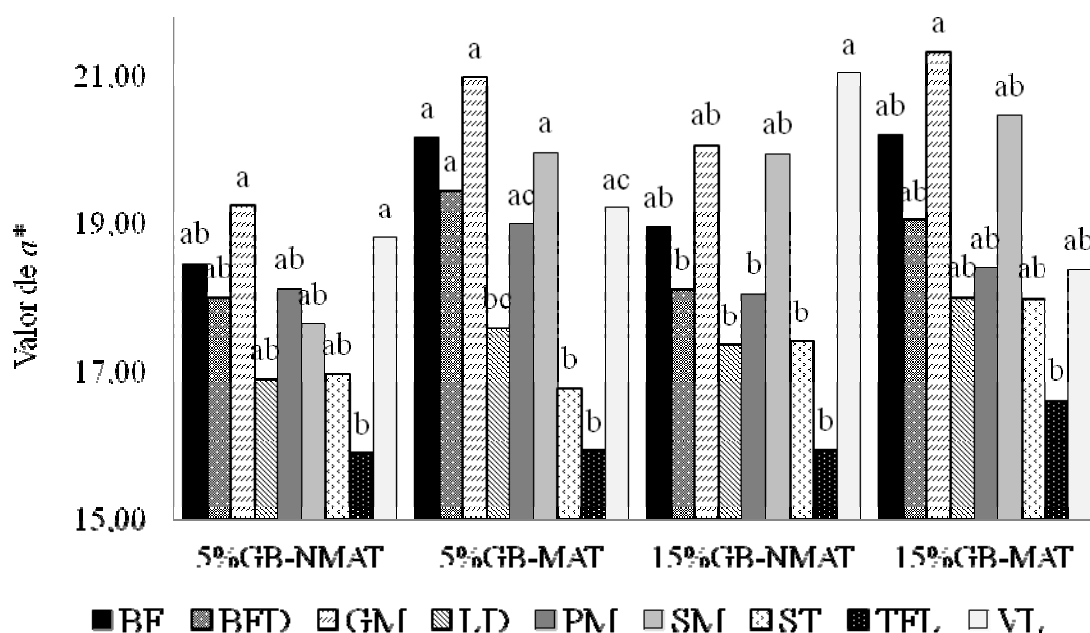


Figura 5 – Interação tripla Glicerina Bruta x Maturação x Músculo. Dentro do mesmo efeito, músculos seguidos por letras minúsculas iguais não diferem entre si ($P > 0.05$). Entre efeitos, músculos seguidos por letras maiúsculas iguais não diferem entre si ($P > 0.05$), não havendo nenhuma diferença, letras maiúsculas foram omitidas. BF: Coxão Duro; BFD: Picanha; GM: Alcatra; LD: Contra filé; PM: Filé Mignon; SM: Coxão Mole; ST: Lagarto; TFL: Maminha; VL: Patinho. 5%GB-NMAT e 15%GB-NMAT: Músculo não maturado de animais alimentados com 5% ou 15% de glicerina bruta; 5%GB-MAT e 15%GB-MAT: Músculo maturado de animais alimentados com 5% ou 15% de glicerina bruta.

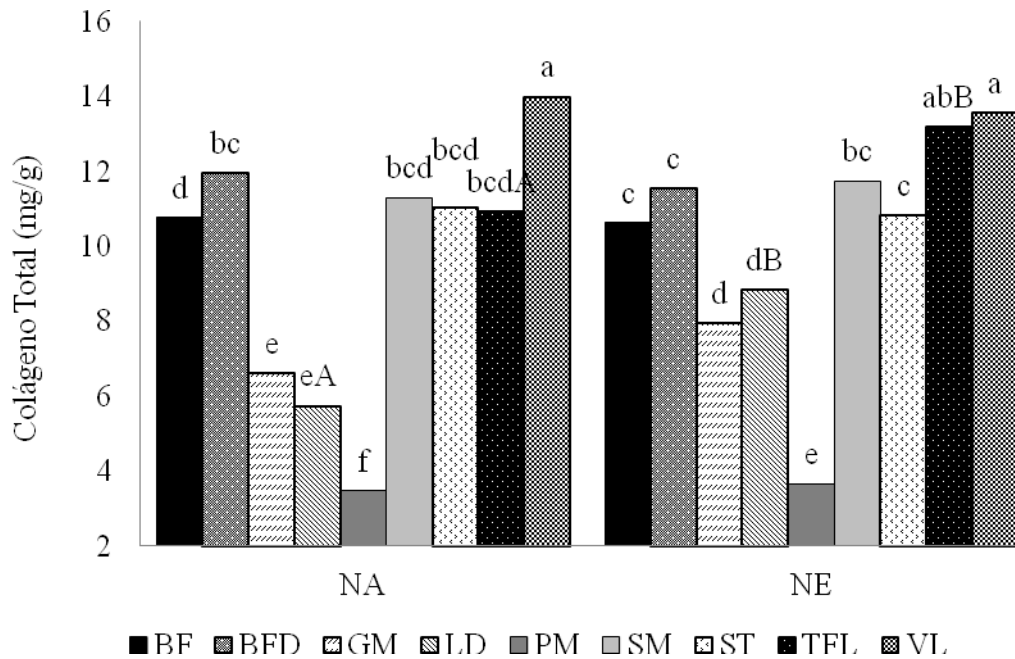


Figura 6 – Interação dupla Grupo Genético x Músculo. Dentro do mesmo efeito, músculos seguidos por letras minúsculas iguais não diferem entre si ($P>0.05$). Entre efeitos, músculos seguidos por letras maiúsculas iguais não diferem entre si ($P>0.05$), não havendo nenhuma diferença, letras maiúsculas foram omitidas. BF: Coxão Duro; BFD: Picanha; GM: Alcatra; LD: Contra filé; PM: Filé Mignon; SM: Coxão Mole; ST: Lagarto; TFL: Maminha; VL: Patinho. Músculo de animais NA: F1 Red Angus x Nelore ou NE: Nelore.

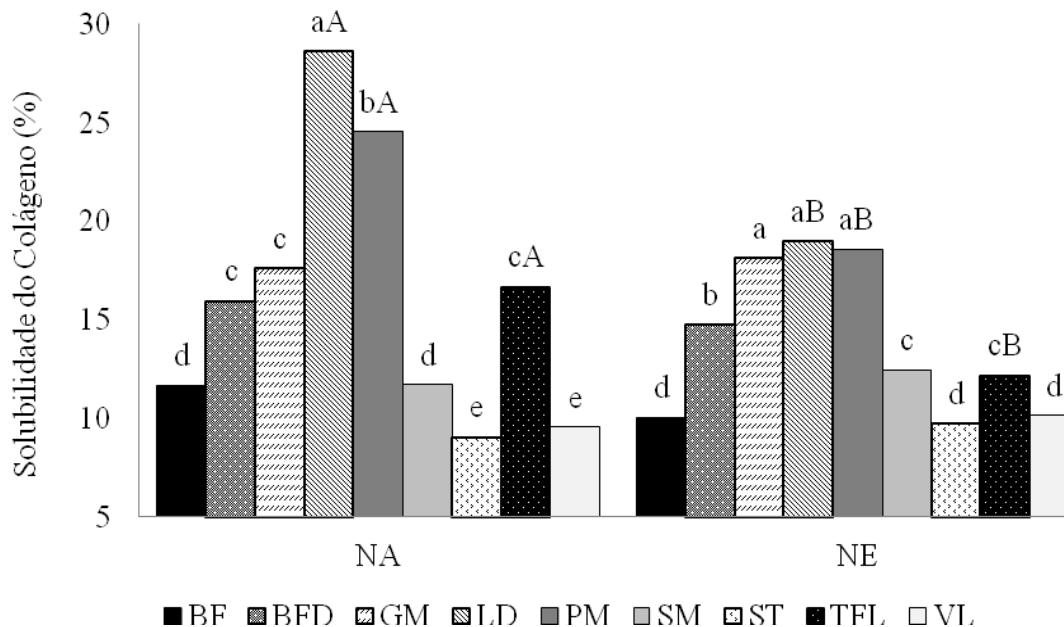


Figura 7 – Interação dupla Grupo Genético x Músculo. Dentro do mesmo efeito, músculos seguidos por letras minúsculas iguais não diferem entre si ($P>0.05$). Entre efeitos, músculos seguidos por letras maiúsculas iguais não diferem entre si ($P>0.05$), não havendo nenhuma diferença, letras maiúsculas foram omitidas. BF: Coxão Duro; BFD: Picanha; GM: Alcatra; LD: Contra filé; PM: Filé Mignon; SM: Coxão Mole; ST: Lagarto; TFL: Maminha; VL: Patinho. Músculo de animais NA: F1 Red Angus x Nelore ou NE: Nelore.