UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

LENISE FREITAS MUELLER

**Influência da condição sexual sobre o desempenho, características
da carcaça e qualidade da carne de bovinos cruzados
Angus x Nelore terminados em confinamento**

Pirassununga

2017

LENISE FREITAS MUELLER

**Influência da condição sexual sobre o desempenho, características
da carcaça e qualidade da carne de bovinos cruzados
Angus x Nelore terminados em confinamento**

Versão corrigida

Dissertação Apresentada à Faculdade
de Zootecnia e Engenharia de
Alimentos da Universidade de São
Paulo como parte dos requisitos para
obtenção do título de mestre em
Zootecnia.

Área de concentração: Qualidade e
Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Júlio Cesar de
Carvalho Balieiro

Pirassununga

2017

Ficha catalográfica elaborada pelo
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M946i Mueller, Lenise Freitas
Influência da condição sexual sobre o desempenho,
características da carcaça e qualidade da carne de
bovinos cruzados Angus x Nelore terminados em con /
Lenise Freitas Mueller ; orientador Júlio César de
Carvalho Balieiro. -- Pirassununga, 2017.
83 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia) -- Faculdade de Zootecnia e
Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

1. Imunocastração. 2. Qualidade de carne. 3.
Condição sexual. 4. Bovinos de corte. 5. Castração
cirúrgica. I. Balieiro, Júlio César de Carvalho,
orient. II. Título.

LENISE FREITAS MUELLER

Influência da condição sexual sobre o desempenho, características da carcaça e qualidade da carne de bovinos cruzados Angus x Nelore terminados em confinamento

Dissertação Apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Júlio Cesar de Carvalho Balieiro

Data de aprovação: ____/____/____

Banca examinadora:

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

DEDICO

A Deus, por me presentear todos os dias com saúde e com oportunidades para trilhar um caminho de bem.

Aos meus pais Alcides e Cleonice Mueller, pelos exemplos de ética, perseverança, superação, coragem, amor, educação e bondade.

Aos meus irmãos Michel e Joice Mueller e seus cônjuges Cláudia e Rodolfo, pela amizade, irmandade, colaboração, cumplicidade e confiança.

Ao meu marido e companheiro de todas as horas Juliano Silveira e toda sua família pela dedicação, compreensão, motivação, apoio incondicional, preocupação e amor.

À minha sobrinha Lavínia, por me oferecer com inocência e ao mesmo tempo com inteligência, momentos de alegria, amor, diversão e reflexões profundas sobre a vida. Aos meus (as) sobrinhos (as) que estão a caminho, por já me encherem de alegrias e orgulhos.

Aos demais familiares e amigos que não foram citados, porém estiveram presentes em minha recordação em todas as etapas cumpridas.

AGRADECIMENTOS

O dicionário define: Agradecimento. sm 1. Ato ou efeito de agradecer. 2. Gratidão, reconhecimento. Aqui, então, faço o meu sincero reconhecimento de que muitos foram essenciais para a concretização deste trabalho.

A Família é o nosso fundamento, a base do nosso futuro e pode ser o ambiente mais apropriado para uma maravilhosa experiência de amor. Agradeço imensamente aos meus queridos pais Alcides e Cleonice, sem o seu apoio jamais eu alcançaria o desejo de ser Mestre.

Ao meu marido, melhor amigo, conselheiro e companheiro inseparável Julianio. Não tenho palavras para agradecer a paciência, compreensão e todo o amor nas horas boas e também nas difíceis. Se hoje falo inglês, é porque lá nos tempos de EUA, você me estimulou muito para que eu me esforçasse e não tivesse vergonha de me expor à uma segunda língua, tão importante para a minha formação.

Agradeço também aos meus irmãos Joice e Michel por acreditarem em mim e me apoiarem nesta luta. Família, sei que vocês torciam por mim e acreditavam que eu chegaria lá, se não fossem a sabedoria, perseverança, o respeito e a educação que me deram a vida toda não teria alcançado meus objetivos.

Agradeço a todos os demais familiares que sempre deram seu apoio e às vezes mesmo sem expressar palavras sei que estavam comigo nesta trajetória. Aos meus sogros José Gilberto e Aida, pelo apoio incondicional na vida pessoal e profissional.

Aos meus companheirinhos inseparáveis Holly e Juca, por estarem sempre ao meu lado enquanto eu escrevia a dissertação, mesmo que fosse dormindo.

Às meninas do Laboratório de Ciência da Carne (LCC), as “Angeliquetes” Adrielle, Maísa, Mariana, Joyce pela amizade, parceria, ajuda, dedicação, trabalho e muita diversão na rotina do Lab.

“Os amigos humanos sinceros e verdadeiros sempre compartilharão de seu sofrimento, suas aflições e irão sempre vir a você, não importando se você é bem sucedido ou azarado”. (Dalai Lama)

Agradeço a todos os amigos de todas as partes do Brasil e do mundo, principalmente os de Pirassununga – SP, que me acolheram e me receberam com muita alegria, vocês estarão sempre no lado esquerdo do meu peito por onde eu estiver. Muito obrigada também à Fernanda Altieri Ferreira, a Fer, por me incentivar a entrar na Pós-graduação e por me apresentar à Professora Angélica!

Ao meu orientador Júlio Balieiro, pelos ensinamentos, dedicação, experiências compartilhadas e por me receber de braços abertos na orientação do mestrado.

Um agradecimento todo especial à querida co-orientadora Angélica Pereira, excelente profissional, professora e orientadora dedicada e amiga. Obrigada pelo grandioso experimento de mestrado, o qual me conferistes confiança para executá-lo. Mas obrigada principalmente por me receber lá no início da minha vida em Pirassununga, em 2013 e com os braços abertos me convidar a participar do seu grupo de pesquisa, sem me conhecer, sem qualquer indicação,

apenas confiando no meu esforço e dedicação. Foi você que me deu asas para conseguir voar neste mundo da pós-graduação, sou eternamente grata a você.

Agradeço imensamente à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo / FAPESP, processo nº 2014/22709-4 pela concessão da bolsa de estudos durante o mestrado. Cabe ressaltar que a FAPESP, por meio da reserva técnica da bolsa de mestrado, viabilizou minha participação em congresso internacional, realizado na cidade de Orlando, FL, EUA. Este evento contribuiu para o aprimoramento na minha carreira acadêmica, com a ampliação da minha rede de contatos e oportunidade de apresentar parte do meu trabalho de mestrado à comunidade científica internacional.

Agradeço à empresa VPJ Alimentos[®], à Fazenda Califórnia e ao Sr. Sebastião Flores (in memoriam) pelo suporte providenciado para execução do experimento.

Agradeço a Deus pelo que conquistei até agora, mas peço a Ele para me dar sabedoria para conquistar muito mais.

Agradeço por todas as dificuldades que enfrentei. Elas foram adversárias dignas e tornaram minhas vitórias muito mais saborosas.

À todas as pessoas que de certa forma me ajudaram a concluir esta etapa da minha vida.

Muito obrigada!!!

“A mais profunda raiz do fracasso em nossas vidas é pensar, 'Como sou inútil e fraco'. É essencial pensar poderosa e firmemente, 'Eu consigo', sem ostentação ou preocupação”.

(Dalai Lama)

RESUMO

MUELLER, L. F. **Influência da condição sexual sobre o desempenho, características da carcaça e qualidade da carne de bovinos cruzados Angus x Nelore terminados em confinamento.** 2017. 88 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

Objetivou-se avaliar a influência da condição sexual sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos Angus x Nelore, terminados em confinamento. Foram utilizados 176 bovinos, com idade média de 20 meses, pertencentes ao Programa Brasileiro de Carne Angus Certificada, divididos em quatro condições sexuais (CS): 32 machos não castrados (NC), 48 machos castrados cirurgicamente (CC), 48 machos imunocastrados (IM) e 48 fêmeas (F). Para a imunocastração dos bovinos, foram utilizadas três doses de uma vacina anti-GnRH. Os animais foram confinados durante 190 dias, com a mesma dieta, composta de 80% de concentrado e 20% de volumoso na matéria seca. Ao final deste período, os bovinos foram abatidos. Durante o abate, foi calculado o rendimento de carcaça quente (RCQ) e avaliado o pH. Na desossa, foi avaliada no m. *Longissimus* a área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS) entre a 12^a e 13^a costelas, marmorização, cor e pH. Foram coletadas amostras de 2,54 cm de espessura do m. *Longissimus*, embaladas a vácuo e maturadas por zero (sem maturação), 7 e 14 dias, a 2°C para análises de maciez objetiva (FC) e subjetiva, perdas por cocção (PPC), teor de extrato etéreo (EE) e perfil de ácidos graxos. Utilizou-se o procedimento MIXED do programa SAS® e a significância foi declarada quando $P \leq 0,05$. Os machos NC apresentaram maior peso vivo final, ganho de peso médio diário, AOL e maiores valores de pH em relação às demais condições sexuais ($P < 0,01$). Para PCQ, os machos NC e IM apresentaram valores mais elevados do que machos CC e fêmeas ($P < 0,01$). Por outro lado, as fêmeas apresentaram maior EGS em relação às demais categorias ($P < 0,01$). O escore de marmorização foi maior na carne das fêmeas e machos CC do que dos machos NC e IM ($P < 0,01$), no entanto, a carne dos machos CC apresentou maior escore de gordura intramuscular *Prime* do que a carne das fêmeas. Para RCQ não houve diferença entre as CS. Houve maior PPC na carne dos machos CC ($P < 0,01$) e a carne das fêmeas apresentou maior teor de EE em relação às demais categorias ($P = 0,0248$). Houve interação entre CS e dias de maturação para os valores de FC ($P = 0,0002$) e para os valores de L* ($P = 0,0118$) e b* ($P = 0,0113$). A maturação influenciou a cor da carne, em função da CS e ambas favoreceram a maciez da carne de todas as CS avaliadas, especialmente de machos NC e fêmeas. A CS influenciou todos os atributos avaliados na análise sensorial ($P < 0,05$). A carne de fêmeas e animais castrados, sejam imunocastrados ou castrados por método cirúrgico, apresentaram melhor aceitação pelos consumidores na análise. Adicionalmente, a carne das fêmeas apresentou PAG mais favorável à saúde humana, enquanto a carne dos machos NC apresentou um perfil de AG menos saudável ($P < 0,05$). A imunocastração pode ser uma alternativa à castração cirúrgica, pois os resultados associados à melhoria na qualidade da carne de bovinos cruzados Angus x Nelore, são similares aos encontrados para os machos CC. Entretanto, vale ressaltar que os bovinos CC produzem carne com maior deposição de gordura intramuscular do que os IM e que os custos financeiros da imunocastração devem ser levados em consideração para a produção da carne. Ainda, as diferenças no perfil de ácidos graxos podem indicar que a CS pode impactar o valor nutricional da carne em termos de saúde humana.

Palavras-chave: Imunocastração. Maturação. Perfil de ácidos graxos.

ABSTRACT

MUELLER, L. F. **Sexual condition effects on performance, carcass traits and beef quality of feedlot crossbred Angus x Nellore cattle.** 2017. 88 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

The goal of this work was to evaluate sexual condition effects on performance, carcass traits, and meat quality of a feedlot Angus x Nellore cattle. Were used 176 cattle, 20 months of age, from the Brazilian Certified Angus Beef Program, assigned into four sexual conditions: 32 bulls, 48 steers, 48 immunocastrated, and 48 heifers. The immunocastrated were obtained by vaccinating three times with anti-GnRH vaccine. Animals were fed ad libitum with a high-grain diet containing 80% concentrate. At the end of the experimental period (190 days) the animals were harvested. At the slaughter were collected data related to the carcass yield and pH values. After slaughter, were evaluated in *Longissimus* muscle, the rib eye area, and subcutaneous fat thickness between the 12th and 13th ribs, marbling score, color, and pH. Vacuum packaged steaks (2.54 cm thick) from the *Longissimus* muscle were collected, aging for zero, 7, and 14 days at 2°C and stored at -18°C until analysis of meat quality. Statistical analyzes were performed using the proc MIXED SAS[®] program (version 9.2). Bulls presented increased final body weight, average daily gain, rib eye area, and pH values when compared with the other sexual conditions ($P < 0.01$). For hot carcass weight, bulls and immunocastrated had higher values compared to steers and heifers ($P < 0.01$). Interestingly, heifers presented higher subcutaneous fat thickness compared to the other categories ($P < 0.01$). Heifers and steers presented increased intramuscular fat scores compared to the bulls and immunocastrated; however, beef from steers presented higher marbling Prime scores when compared with beef from heifers. Beef from steers had higher cooking loss ($P < 0.01$) and beef from heifers presented higher ether extract content when compared with other sexual conditions ($P = 0.0248$). There was interaction between sexual condition and aging time for Warner Bratzler Shear Force (WBSF) values ($P = 0.0002$), L* ($P = 0.0118$) and b* ($P = 0.0113$) values. The period of aging affected beef color, depending of the sexual condition. In addition, all cattle categories evaluated had beef tenderness improved by the aging process and sexual condition, especially beef from bulls and heifers. Sexual condition had main influence in all beef sensorial attributes ($P < 0.05$). Beef from heifers, steers, and immunocastrated cattle had better consumer's acceptability in sensory analysis then the beef from bulls. Additionally, beef from heifers presented favorable fatty acid profile for human healthy, while beef from bulls had an unfavorable fatty acid profile ($P < 0.05$). In conclusion, immunocastration can be an alternative to surgical castration, since it improves meat quality with results like those for Angus x Nellore steers. However, it is important to highlight that the steers produce high intramuscular fat deposition then the immunocastrated, and the cost of immunocastration should be taken into consideration for the beef cattle production. Additionally, the difference on fatty acid profile can indicate that the sexual condition can impact the nutrition values of the meat.

Keywords: Immunocastration. Aging. Fatty acid profile.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modo de ação da vacina anti-GnRH sobre a liberação de hormônios sexuais	21
Figura 2 – Esquema explicativo dos métodos de castração.....	37
Figura 3 – Ficha para análise sensorial de carne bovina contendo escala hedônica estruturada de 9 pontos	41
Figura 4 – Médias do peso vivo final de bovinos Angus X Nelore, em função da condição sexual	44
Figura 5 – Médias do ganho de peso médio diário de bovinos Angus x Nelore, em função da condição sexual	45
Figura 6 – Gráficos de frequência do escore de marmorização nas diferentes CS.....	50
Figura 7 – Médias das perdas por cocção, expressas em porcentagem, de bovinos Angus x Nelore, em função da condição sexual	51
Figura 8 – Médias dos valores de força de cisalhamento do m. <i>Longissimus</i> de bovinos Angus x Nelore, em função da condição sexual e os dias de maturação	54
Figura 9 – Médias do teor de extrato etéreo, expresso em porcentagem, de bovinos Angus x Nelore, em função da condição sexual	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição percentual das dietas (na matéria seca).....	38
Tabela 2 – Médias e erro padrão da média das características de carcaça de bovinos Angus x Nelore, em função da condição sexual	46
Tabela 3 – Médias e erro padrão da média dos valores de L*, a* e b* do m. <i>Longissimus</i> de bovinos Angus x Nelore, em função da condição sexual e os dias de maturação.....	52
Tabela 4 – Médias, erro padrão da média e probabilidades da análise sensorial da carne de bovinos Angus x Nelore, em função da condição sexual	58
Tabela 5 (Continua) – Composição de ácidos graxos (%) no m. <i>Longissimus</i> de bovinos Angus x Nelore, em função das condições sexuais	60
Tabela 5 (Conclusão) – Composição de ácidos graxos (%) no m. <i>Longissimus</i> de bovinos Angus x Nelore, em função das condições sexuais	61
Tabela 6 – Total de ácidos graxos saturados, mono-insaturados, poli-insaturados, ácido linoleico conjugado, n3 e n6 no m. <i>Longissimus</i> de bovinos Angus x Nelore, em função da condição sexual.....	61

ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a*	componente vermelho verde
AG	ácido graxo
AGs	ácidos graxos
AGI	ácidos graxos insaturados
AGMI	ácidos graxos mono-insaturados
AGPI	ácidos graxos poli-insaturados
AGS	ácidos graxos saturados
AGS	ácidos graxos saturados
AOL	área de olho de lombo
ATP	trifosfato de adenosina
b*	componente amarelo-azul
CC	castrados cirurgicamente
CLA	ácido linoleico conjugado
CS	condição sexual
DFD	<i>dark, firm and dry</i>
DHA	ácido graxo docosaheptaenóico
EE	extrato etéreo
EGS	espessura de gordura subcutânea
EPA	ácido graxo eicosapentaenoico
F	fêmeas
FC	força de cisalhamento
FSH	hormônio folículo estimulante
GMD	ganho médio diário
GnRH	fator liberador de gonadotrofina
HDL	lipoproteína de alta densidade
IM	imunocastrados
Kg	quilogramas
L*	luminosidade
LDL	lipoproteína de baixa densidade
LH	hormônio luteinizante
MS	matéria seca
n3	ômega 3
n6	ômega 6
NaCl	cloreto de sódio
NC	não castrados
NK	<i>natural killers</i>
°C	graus Celsius
PCQ	peso de carcaça quente
PF	peso final
pH	potencial de hidrogênio
PI	peso inicial
PPC	perdas por cocção
PVF	peso vivo final
RCQ	rendimento de carcaça quente
RLM	ração de lucro máximo
WBSF	<i>Warner-Bratzler Shear Force</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Cruzamento entre raças e confinamento como estratégias na bovinocultura de corte	16
2.2	Castração em bovinos	18
2.3	Efeitos da condição sexual sobre o desempenho e qualidade de carne	23
2.3.2	<i>Influência da condição sexual sobre a qualidade da carne bovina.....</i>	25
2.4	Composição de ácidos graxos da carne bovina	31
2.4.1	<i>Influência da condição sexual na composição de ácidos graxos da carne bovina</i>	34
3	HIPÓTESES.....	35
4	OBJETIVOS	36
5	MATERIAL E MÉTODOS	37
5.1	Manejo dos animais, dietas e instalações	37
5.2	Abate, desossa e coleta de amostras	38
5.3	Análises qualitativas da carne	39
5.3.1	<i>Cor</i>	40
5.3.2	<i>Índice de marmorização</i>	40
5.3.3	<i>Maciez objetiva e perdas por cocção.....</i>	40
5.3.4	<i>Análise sensorial.....</i>	41
5.3.5	<i>Determinação do teor de extrato etéreo</i>	42
5.3.6	<i>Perfil de ácidos graxos da carne</i>	42
5.4	Análise estatística	43
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
6.1	Desempenho dos animais.....	44
6.2	Características de carcaça.....	46
6.2.1	<i>Peso de carcaça quente</i>	46
6.2.2	<i>Rendimento de carcaça quente</i>	47
6.2.3	<i>pH.....</i>	47
6.2.4	<i>Área de olho de lombo</i>	47
6.2.5	<i>Espessura de gordura subcutânea.....</i>	48
6.2.6	<i>Índice de marmorização</i>	49
6.3	Qualidade da carne	50
6.3.1	<i>Perdas por cocção</i>	50
6.3.2	<i>Valores de L* a* b*.....</i>	51
6.3.3	<i>Força de cisalhamento.....</i>	53
6.3.4	<i>Teor de extrato etéreo.....</i>	56
6.3.5	<i>Análise sensorial.....</i>	57
6.3.6	<i>Perfil de ácidos graxos</i>	60
7	CONCLUSÕES.....	66
8	IMPLICAÇÕES.....	67
	REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A demanda por produtos de origem animal está crescendo constantemente com o aumento da população mundial. O Brasil possui a vantagem de ter grande espaço territorial e diversidade de clima, reunindo as condições necessárias para aumentar sua produção e suprir parte dessa demanda. No entanto, novas tecnologias devem ser desenvolvidas e avaliadas constantemente, com o objetivo de aumentar a produção e atender a crescente demanda mundial por alimentos.

O perfil dos consumidores de carne tem passado por algumas modificações e vem se alterando constantemente. Graças ao processo de globalização, entre outros fatores, os consumidores estão cada dia mais bem informados com acesso a qualquer inovação que ocorra no mundo. O perfil desses consumidores é o de requerer produtos de forma mais consciente e exigente. Entretanto, para atender essa demanda, houve a necessidade de maior modernização no setor agropecuário, com maior dinamismo, a fim de atender às exigências desses diferentes consumidores. Portanto, grandes avanços ocorreram na indústria da carne durante as duas últimas décadas (PEREIRA, 2004).

Com o objetivo de aumentar a lucratividade e melhorar a qualidade de sua produção para atender a demanda por produtos de melhor qualidade, os produtores de gado de corte buscam alternativas que propiciem incremento na produtividade do rebanho e ainda devem se adequar às exigências, evoluindo em alguns aspectos, buscando alternativas tecnológicas que tornem o sistema de produção mais eficiente e viável economicamente, podendo assim produzir carne de melhor qualidade e de alto valor agregado. Desta forma, estarão preparados para atender um nicho de mercado diferenciado, onde consumidores estão dispostos a pagar um preço mais alto por produtos de melhor qualidade.

No entanto, para que a atividade se torne mais rentável ao produtor, há uma necessidade deste receber uma premiação pela melhor qualidade de seus animais por parte da indústria frigorífica, tendo essa premiação como um estímulo para adotar práticas que melhorem a qualidade da carne, como por exemplo a castração dos machos, o cruzamento entre raças, a utilização de confinamento para terminação dos animais, além do abate de fêmeas jovens para produção de carne com adequada deposição de gordura subcutânea e intramuscular. Todavia, se a indústria não beneficiar e estimular financeiramente o produtor,

este não vê vantagens em produzir animais que proporcionarão carne de melhor qualidade, com adequada deposição de gordura subcutânea e grau de gordura intramuscular, por exemplo, pois implica em maiores custos de produção para o mesmo.

Já é conhecido na literatura, que a condição sexual dos animais possui efeito direto no desempenho (BERG; BUTTERFIELD, 1976) e nas características relacionadas à qualidade de carne (GAGAOUA et al., 2015; LIMA JÚNIOR, 2011; CLEMENS et al., 1973). Normalmente, os animais castrados e as fêmeas apresentam pior desempenho, maior deposição de gordura e melhores características de qualidade de carne em comparação aos animais não castrados (SEIDEMAN et al., 1982). Ademais, além do efeito anabolizante, a testosterona possui um efeito secundário sobre o temperamento dos animais, causando ao macho não castrado, uma maior susceptibilidade ao estresse pré-abate, produzindo carne com valor de pH elevado, cortes escuros e com pior maciez (LEE et al., 1990).

Diante das desvantagens apresentadas pelos machos não castrados, e, na tentativa de obter uma melhoria na qualidade da carne, a produção de carne bovina implica na castração física desses bovinos destinados ao abate, diminuindo assim a agressividade e facilitando o manejo dos animais, além de melhorar as características da carcaça e a qualidade da carne. No entanto, os métodos cirúrgicos acarretam uma série de transtornos decorrentes da realização deste procedimento, o que leva a concluir que o processo da castração física traz implicações que prejudicam temporariamente o crescimento e o desempenho do rebanho, além da interferência de algumas correntes que julgam esta prática de ética questionável do ponto de vista do bem-estar animal (BONNEAU; ENRIGHT, 1995).

Desta forma, há necessidade do surgimento de alternativas que propiciem o aproveitamento das boas características para a produção de carne apresentadas pelos machos mantidos inteiros, juntamente com as melhorias de manejo, características de carcaça e qualidade da carne apresentadas pelo animal castrado. Com isso, surgiu a imunocastração, um método alternativo à castração cirúrgica, o qual é uma técnica amigável e compatível com o bem-estar animal. Porém, a imunocastração é uma técnica relativamente nova em bovinos, com poucas informações disponíveis e, desta forma, são necessários maiores estudos para fornecer informações mais consistentes sobre o desempenho e qualidade da carne de bovinos cruzados Angus x Nelore, em comparação com animais castrados cirurgicamente, não castrados e fêmeas.

Em adição, além da estratégia de castração dos animais, seja por meios cirúrgicos ou imunológicos, torna-se necessário o estudo sobre a inclusão das fêmeas jovens na pecuária de corte na tentativa de produzir carne de melhor qualidade e atender a demanda dos programas de certificação e as exigências do mercado consumidor. Segundo dados do IBGE (2016), o percentual de fêmeas abatidas no rebanho brasileiro vem crescendo nas últimas duas décadas e particularmente as novilhas tem participação nestes dados. Hoje, as novilhas representam 9% do abate total de bovinos no Brasil. Esse cenário mostra mudanças na atividade pecuária nacional, que, por sua vez, podem estar relacionadas a ganhos de produtividade e a nichos de mercado. Sendo assim, objetivou-se verificar o efeito da condição sexual sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos cruzados Angus x Nelore jovens, terminados em confinamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cruzamento entre raças e confinamento como estratégias na bovinocultura de corte

Hoje, o consumidor procura pelo selo que ateste qualidade de produto e produção. A demanda mudou e aponta para o caminho da certificação da carne bovina. Neste sentido, com o objetivo de promover o desenvolvimento da pecuária de corte, uma série de parcerias entre frigoríficos e produtores foi criada, com a intenção de melhorar a produção, industrialização e comercialização de animais jovens. Visando a adesão do pecuarista aos programas de melhoramento de carcaça, foi elaborado um sistema de premiação (financeira) baseado em índices produtivos e de acordo com as boas práticas de produção, são os programas de certificação/classificação de carcaças (PECUÁRIA BRASIL, 2014).

Os programas de certificação/classificação de carcaças, em geral, visam comercializar a matéria-prima (bovinos) conforme a qualidade do produto e desta forma premiar o produtor. Nestes programas são avaliadas características de carcaças e fatores que influenciam a qualidade da carne e seu custo final.

Para o pecuarista produzir a matéria-prima que atenda às exigências impostas pelos programas de certificação, necessita-se de investimentos em tecnologias que propiciem um incremento à sua produção. Neste contexto, o cruzamento entre raças zebuínas e britânicas é uma opção que possibilita atender diferentes nichos de mercados (interno e externo), tanto para animal de carne magra (pouco acúmulo de gordura na carcaça) produzido em pastagens com suplementação nutricional, como para animal com maior acabamento (gordura) de carcaça e com marmorização, produzido em confinamentos.

Para que se obtenha um produto adequado que atenda as exigências do mercado consumidor, é necessário utilizar a base genética de animais zebuínos (*Bos indicus*), predominantemente a raça Nelore, pois estes são mais adaptados às condições climáticas do Brasil e aos ectoparasitas (BIANCHINI et al., 2007).

A raça Nelore é selecionada para a produção de carne em quantidade e com baixo custo de manutenção, pois os animais são extremamente resistentes e apresentam baixas exigências de manejo (CUNDIFF, 2004). Em contrapartida, a qualidade da carne destes animais apresenta desvantagens relacionadas à qualidade da carcaça e da carne quando comparada com animais de origem europeia (*Bos taurus*) (CUNDIFF, 2004; WHIPPLE et al., 1990). A carne dos

bovinos Nelore apresenta reduzida deposição de gordura intramuscular, o que leva a uma redução em seus atributos de qualidade, tais como maciez e suculência (CROUSE et al., 1989; JOHNSON, HUFFMAN, WILLIAMS, 1990; SHERBECK et al., 1995). Associado ao baixo teor de gordura intramuscular, vários autores descrevem que a menor maciez em bovinos *B. indicus* é resultado da maior atividade da calpastatina, uma protease cálcio dependente, que atua inibindo a ação das calpaínas responsáveis pela fragmentação das estruturas miofibrilares e pelo amaciamento da carne no *post mortem* (KOOHMARAI, 1992; PRINGLE et al., 1997; WHIPPLE et al., 1990).

Por outro lado, os animais com a composição genética taurina (*B. taurus*), como exemplo a raça Aberdeen Angus, são comuns em regiões de clima ameno e pouco resistentes a elevadas temperaturas dos trópicos e aos ectoparasitas (FERRAZ; FELÍCIO, 2010). Entretanto, a qualidade da carne destes animais é superior àquela obtida quando se trabalha com os zebuínos, pois a carne apresenta, entre outros atributos de qualidade, o elevado teor de gordura intramuscular (CARPENTER et al., 1961; HUFFMAN et al., 1990; PEACOCK et al., 1979), associado à maior maciez que atende uma demanda de consumidores que procuram por esta característica.

Crouse et al. (1993) relatam a importância do cruzamento feito entre zebuínos e taurinos, onde as características da heterose são exploradas a fim de resultar na variação genética, como um aditivo para melhorar a eficiência da produção e a qualidade da carne bovina. Da mesma forma, Lage et al. (2012) ratifica que as características complementares dos animais são aproveitadas, obtendo-se um animal musculoso, precoce, de maior resistência, peso e qualidade de carne. Nos dias atuais, o cruzamento entre zebuínos e taurinos tornou-se uma importante ferramenta estratégica para implementar a produção de carne nos diferentes sistemas produtivos de nosso país.

Além do cruzamento entre as raças, os produtores têm investido no confinamento dos animais como uma estratégia alimentar (MARCONDES et al., 2008; VAZ et al., 2001). O sistema é utilizado para intensificar a produção animal, buscando uma maior eficiência na produção com a utilização de uma área menor. Assim, esta ferramenta é utilizada para manter um fornecimento constante de carne (MILLEN et al., 2009, 2011). Além de suprir a falta de alimentos e diminuir o ciclo de produção, os confinamentos são utilizados a fim de maximizar o ganho de peso dos animais (MILLEN et al., 2011).

Outra prática que tem sido amplamente aplicada no confinamento de animais é a utilização de dietas com altas proporções de concentrado. Segundo Preston (1998), o fornecimento de dietas com elevado teor de concentrado, fornecidas *ad libitum*, é uma prática comum na indústria pecuária norte-americana. De acordo com pesquisa realizada por Oliveira e Millen (2011), utilizando-se 33 nutricionistas que assessoram confinamentos em todo o Brasil, o milho foi a maior fonte primária de grãos utilizados em dietas de confinamento (87,9%). A relação média de inclusão de concentrado e volumoso nas dietas da fase de terminação em confinamento foi de 79,0% e 21%, respectivamente. Segundo estes mesmos autores, a maioria dos bovinos alimentados em confinamentos brasileiros são machos não castrados (84,5%), com um período curto de confinamento de 87,7 dias em média, o que representa cerca de 7% do ciclo de produção, desde o nascimento até o abate. O ganho médio diário nos confinamentos atendidos pelos 33 nutricionistas foi de 1,40; 1,50; 1,40; 1,23 e 1,25 kg para vitelos, machos não castrados, machos castrados, novilhas e vacas de descarte, respectivamente.

2.2. Castração em bovinos

A prática da castração de animais para abate é tradicionalmente realizada por motivos de manejo, econômicos e de aceitação do consumidor. Além disso, alguns frigoríficos exigem a castração dos animais, com a justificativa de favorecimento da uniformidade e melhora da qualidade da carcaça, além da conservação e do aspecto qualitativo da carne (BRETSCHNEIDER, 2005).

A castração visa reduzir a taxa metabólica basal e a energia de manutenção dos animais na fase de engorda ou para a obtenção de determinadas características de carcaça, como maior deposição de gordura subcutânea, resultando em qualidade à carne, além de maciez, sabor, textura e proteção durante o processo de resfriamento na indústria frigorífica, e ainda facilitar o manejo em conjunto de machos e fêmeas em engorda, quando a prenhez não é desejada (KOLB, 1987; OLIVEIRA et al., 2006).

Embora a técnica de castração infrinja dor no animal e provoque um período de crescimento lento e de pior eficiência alimentar, há vantagens. Do ponto de vista do manejo de animais, a castração reduz problemas de agressividade dos animais, assim como a atividade sexual dos mesmos, diminuindo os níveis de testosterona. Este manejo também auxilia na redução do estresse do animal e, conseqüentemente, modifica as características de

carcaça, diminuindo o risco do desenvolvimento de cortes DFD (*dark, firm and dry*), além de apresentar maior deposição de gordura e marmorização da carne (ROÇA et al., 2011c).

No que diz respeito à idade adequada para a realização da castração, em geral, as consequências da prática dependem do momento em que ela é utilizada. Antes da puberdade a castração impõe a completa interrupção do desenvolvimento dos caracteres sexuais secundários, pela ausência dos hormônios produzidos pelos testículos, o que torna o castrado bem diferente do não castrado. Animais castrados antes da puberdade não apresentam impulso sexual e adquirem um comportamento menos sujeito ao estresse. Realizada após a puberdade, os efeitos são menos pronunciados e a regressão dos caracteres sexuais secundários varia em intensidade (KOLB, 1987; FEIJÓ, 1997).

O interessante é retardar a castração, visando aproveitar ao máximo a ação anabolizante dos hormônios andrógenos sobre o desenvolvimento dos animais. Isto resultará em maior peso por ocasião do abate, conforme constatado por Restle et al. (1994). A castração, se realizada ao nascimento, apresenta como principal desvantagem a não utilização do efeito anabólico dos hormônios produzidos nos testículos. No entanto, retardar a castração para a época do desmame coincide com prática estressante, assim como a proximidade da época de restrição alimentar (RESTLE et al., 1994; EUCLIDES FILHO et al., 2001).

Existem diferentes tipos de castração, entre elas, a castração cirúrgica convencional, a castração química e a castração imunológica, também chamada de imunocastração. Todos esses tipos de castração consistem em impedir que ocorra a produção de hormônios androgênicos, que são os responsáveis pela manifestação das características indesejáveis tais como comportamentos agressivos e de caráter sexual (ZWEIACHER et al, 1979; RESTLE et al, 1996).

A orquiectomia é classificada como um dos métodos físicos mais utilizados. Moura (1996) definiu a castração convencional como a operação cirúrgica que consiste na ablação testicular ou supressão funcional dos órgãos reprodutores, realizada pela retirada dos mesmos, geralmente destinada a tornar mais dóceis os animais de trabalho, a facilitar a engorda e melhorar a qualidade da carne nos animais destinados ao corte.

Apesar de bastante comum, a orquiectomia é um procedimento cirúrgico com considerável potencial para complicações, devido à natureza das cirurgias e das condições sob as quais são realizadas, onde o animal fica suscetível às infecções e miíases e o tempo de

recuperação do animal é maior, em especial quando é realizada anterior a entrada dos bovinos em confinamento para engorda e terminação, levando a possível queda no desempenho destes animais (STAINKI, 2006). Além disso, a castração convencional é julgada como uma prática de ética questionável do ponto de vista do bem-estar animal (BONNEAU; ENRIGHT, 1995).

Diante disto, a decisão de castrar ou não os animais é um assunto muito polêmico, pois enquanto a carne de animais castrados apresenta melhores características de carcaça e melhoria na qualidade da carne, o desempenho dos animais não castrados tem se mostrado mais eficiente (SEIDEMAN et al., 1982; RESTLE et al., 1994; 1996). Ademais, para os pecuaristas, a produção de animais castrados significa reduzir a eficiência do crescimento do animal (COSTA et al., 2007) sem, em geral, ocorrer remuneração por tal prática, pois a maior parte das indústrias brasileiras não diferencia as carcaças, de acordo com características qualitativas, sem classificar ou tipificá-las, muito menos beneficiam financeiramente o produtor. Desta forma, muitos produtores preferem não castrar os animais. Um levantamento realizado em 2012, diagnosticou que animais inteiros representavam 72% do total dos machos abatidos no país (DBO, 2014). Diante deste cenário, ocorreu um aumento na incidência de carne escura no Brasil, e este problema tem sido atribuído ao abate crescente dos animais não castrados, em função do estresse pré-abate que ocorre com os bovinos desta categoria.

Neste sentido, uma forma de aproveitar as características de qualidade de carne apresentadas pelos animais castrados é a utilização da imunocastração, que desde 1979 tem sido proposta como uma alternativa à castração cirúrgica em bovinos (ADAMS; ADAMS, 1992), pois reduz o comportamento agressivo dos machos (PRICE et al., 2003), melhora as características de carcaça e da carne (AMATAYAKUL-CHANTLER et al., 2012) e promove o bem-estar dos animais (JANETT et al., 2012).

O desenvolvimento e a função testicular em bovinos são produtos de uma cascata endócrina que envolve estímulos de origem hipotalâmica e adenohipofisal. O GnRH é o fator liberador de gonadotrofina e desempenha um importante papel nos eventos que levam à competência do sistema endócrino reprodutivo (MIGUEL et al., 2014). Dentro deste contexto, foi desenvolvida uma vacina anti-GnRH, capaz de inibir temporariamente a liberação dos hormônios sexuais masculinos e femininos, por meio da estimulação da produção de anticorpos que neutralizam o GnRH, a imunocastração (JANETT et al., 2012). Uma vez que a vacinação anti - GnRH exerce efeito num espaço de tempo relativamente curto, a imunocastração pode ser aplicada em bovinos de corte imediatamente antes de transferi-los

para o confinamento ou enquanto já estiverem confinados.

O GnRH é secretado pelo hipotálamo e se liga ao seu receptor na hipófise, onde desencadeia a liberação do hormônio luteinizante (LH) e do hormônio folículo estimulante (FSH). O LH e o FSH, por sua vez, estimulam a função dos testículos e dos ovários (JANETT et al., 2012). Assim, pela neutralização do GnRH natural, a vacina bloqueia a liberação de hormônios sexuais e com isso diminuem-se os efeitos negativos dos hormônios no comportamento animal, na produtividade e na qualidade da carne (HUXSOLL; PRICE; ADAMS, 1998; Figura 1).

Figura 1 – Modo de ação da vacina anti-GnRH sobre a liberação de hormônios sexuais

Fonte: Adaptado de BRAGA (2012).

A testosterona é o principal hormônio androgênico, produzido naturalmente pelo organismo nas células de Leydig, nos testículos. Esse hormônio é responsável pelo comportamento sexual masculino, pela agressividade (PRICE et al., 2003) e pelas características corporais associadas ao fenótipo do macho, tais como aumento da massa muscular (SWENSON, 1988). Em animais não castrados, a testosterona exerce várias funções de regulação hormonal, dentre as quais, aumento da deposição muscular, que segundo Andreo et al. (2013), pode estar relacionado ao aumento da atividade das calpastatinas (síntese muscular), com maior inibição das calpaínas (degradação muscular), que também está diretamente relacionada a maciez da carne.

Amatayakul - Chantler et al. (2013) estudaram o efeito da imunocastração em bovinos da raça Nelore criados a pasto e relataram que os animais imunocastrados da raça Nelore tiveram AOL maior do que os castrados cirurgicamente, porém, não foram observadas

diferenças no peso de carcaça quente, espessura de gordura e rendimento de carcaça dos animais.

Também, Amatayakul-Chantler et al. (2012) avaliaram a influência da imunocastração no desempenho em confinamento e na qualidade da carne em touros de corte cruzados (Zebu x Pardo-Suíço) no México. Os animais imunocastrados apresentaram maior espessura de gordura nas carcaças, menores valores de força de cisalhamento na carne e AOL menor do que os machos não-castrados e os castrados, utilizando implantes anabólicos. Portanto, houve influência da imunocastração sobre os atributos de qualidade da carne em bovinos cruzados confinados.

Ao estudar bovinos Nelore ou anelorados criados em pasto, imunocastrados com duas ou três doses de anti-GnRH (três e oito meses de efeito de castração, respectivamente), Roça et al. (2011a) relataram que bovinos vacinados com duas ou três doses de anti-GnRH apresentaram maior AOL, quando comparados com bovinos castrados cirurgicamente. Animais que receberam duas doses apresentaram maior peso de carcaça quente e menor espessura de gordura subcutânea medida na altura da 12ª costela. Além dessas características, não foram observadas diferenças entre as três condições sexuais para pH final, maciez, coloração da gordura e da carne e perdas totais por cozimento (ROÇA et al., 2011b).

Os resultados de características de carcaça apresentados na literatura, comparando bovinos machos imunocastrados com machos castrados cirurgicamente indicaram que os pesos de carcaça de animais imunocastrados foram maiores do que de animais castrados cirurgicamente (ADAMS; ADAMS, 1992; ADAMS et al., 1996; ASSAÏT et al., 2002; AMATAYAKUL-CHANTLER et al., 2013), assim como os pesos de carcaça de animais imunocastrados e não castrados foram similares (AMATAYAKUL-CHANTLER et al., 2012; ADAMS et al., 1996). Os atributos de qualidade de carne apresentaram-se semelhantes em animais imunocastrados e castrados cirurgicamente (AMATAYAKUL- CHANTLER, 2013).

Em estudos envolvendo fêmeas, bovinos não castrados e castrados da raça Nelore, Paulino et al. (2008) observaram que o ganho de peso médio diário (GMD) foi maior em animais não castrados e não diferiu entre machos castrados e fêmeas.

Adicionalmente, Adams et al. (1993) e Cook et al. (2000), trabalharam com animais taurinos e encontraram maiores GMD em animais não castrados, quando comparados com imunocastrados.

De acordo com Roça et al. (2011a), a prática de imunocastração é uma alternativa imunológica à castração cirúrgica, facilitando o manejo dos bovinos, promovendo o bem-estar animal, com melhora da qualidade da carne, diminuindo os efeitos negativos da criação dos machos não castrados sobre o comportamento sexual, aumentando assim o potencial de produtividade.

2.3. Efeitos da condição sexual sobre o desempenho e qualidade de carne

Os dados na literatura, em geral, sobre o efeito da condição sexual, envolvendo o uso de fêmeas, machos castrados, imunocastrados e não castrados sobre o desempenho e as características que qualificam a carne são ainda escassos, particularmente em bovinos provenientes de cruzamento entre as raças Angus e Nelore, que já compõe uma parte representativa do rebanho no Brasil.

Neste sentido, o uso de animais de diferentes condições sexuais representa uma ferramenta disponível ao pecuarista, de forma a lhe trazer maior eficiência produtiva e econômica, dentro de sua realidade de produção. É um recurso cuja manipulação e controle está ao alcance do manejador do sistema de produção, sendo a magnitude do seu impacto sobre esse sistema dependente do mercado e do nível tecnológico empregado na exploração pecuária (PAULINO et al., 2008).

2.3.1 Influência da condição sexual sobre o desempenho dos bovinos

O efeito da condição sexual tem se mostrado altamente determinante de diferenças no crescimento e nas taxas de deposição dos diferentes tecidos corporais e da carcaça (BERG; BUTTERFIELD, 1976; OWENS et al., 1995). Machos não castrados apresentam taxa de crescimento em torno de 10 a 20% superior aos machos castrados e às fêmeas, desde que mantidos em condições que lhes permitam expressar seu potencial de crescimento (PÁDUA et al., 2004; SEIDEMAN et al., 1982). Em função disso, muitos produtores preferem não castrar os animais em busca dessa melhor eficiência no desempenho (LUCHIARI FILHO, 2000). Por outro lado, mesmo a taxa de crescimento sendo menor em machos castrados cirurgicamente, a castração aprimora o grau de qualidade da carne devido ao alto teor de gordura (HEATON et al., 2006).

De acordo com Lee et al. (1990), o desempenho superior representado pelo maior peso vivo, maior peso de carcaça, maior área muscular e melhores rendimentos de carcaça apresentados pelos bovinos não castrados é devido à presença da testosterona, produzida nos

testículos. A testosterona se liga aos receptores nos músculos e estimula o aumento da incorporação dos aminoácidos na proteína, aumentando assim a massa muscular sem um aumento concomitante no tecido adiposo (DAYTON; WHITE, 2008). O menor peso das carcaças de fêmeas está relacionado ao fato de que estas depositam gordura mais precocemente, diminuindo assim, a velocidade de crescimento (BERG; BUTTERFIELD, 1976), em função do período estral (CHOI et al., 2002).

Segundo Zobell et al. (1993), o menor desempenho de fêmeas bovinas para rendimento de carcaça em relação aos machos tem sido motivo de discriminação pelas indústrias frigoríficas, em virtude do menor retorno financeiro. Para Fleck et al. (1980), estudos feitos em fêmeas de raças europeias, destinadas ao abate, indicam que existe interferência dos processos reprodutivos sobre o ganho em peso das novilhas. De acordo com O'Brien et al. (1968) e Young et al. (1969), a baixa produtividade de carne das fêmeas bovinas em relação aos machos é atribuída, em parte, ao comportamento agitado que as fêmeas apresentam em decorrência do estro, que se manifesta a cada 21 dias, causando diminuição da conversão alimentar e consequente diminuição do ganho em peso.

Por outro lado, a idade de abate das fêmeas também interfere nas características de qualidade da carne. Em geral, as fêmeas abatidas no Brasil possuem idade mais avançada e são descartadas, podendo ser por problemas reprodutivos, seleção genética ou idade avançada, e estas, em geral, apresentam baixos rendimentos de carcaça e sua carne é de qualidade inferior. Por essas razões, os estabelecimentos de abate pagam um preço inferior ao produtor por esses animais (LIMA et al., 2004).

No entanto, este cenário de abate de fêmeas com idade avançada no Brasil vem se modificando, pois têm-se observado o crescimento do abate de fêmeas jovens, com acabamento de carcaça no mínimo mediano (3 a 6 mm) e por consequência a premiação que os programas de certificação oferecem ao produtor com bonificação similar ou até superior ao macho castrado pela qualidade da sua carne. Por este motivo, torna-se necessária a pesquisa com uso de fêmeas jovens, a fim de elucidar e explorar a qualidade de carne destes animais, em especial, no que se refere a maciez e deposição de gordura, além de outros atributos que se inserem na qualidade do produto final.

Adicionalmente, o ponto de abate dos animais também é influenciado pelo sexo. Animais de sexos diferentes chegarão ao ponto de abate (mesmo grau de acabamento da

carcaça) em pesos ou idades diferentes (OWENS et al., 1993). Como exemplo, têm-se as fêmeas que atingem o ponto de abate mais precoces e mais leves, que os machos, castrados ou não (PURCHAS, 1991).

Ao comparar machos e fêmeas de origem taurina, abatidos a cada 30 dias, Zinn et al. (1970) relataram que mesmo com pesos iniciais semelhantes, as fêmeas necessitaram de 30 a 60 dias a mais de alimentação para atingir o mesmo peso ao abate dos machos, porém produziram carcaças com maior grau de marmorização, demonstrando que as fêmeas demoraram mais tempo para atingir o peso ideal para o abate, conseqüentemente, apresentaram maior deposição de gordura em relação aos machos.

2.3.2 Influência da condição sexual sobre a qualidade da carne bovina

Alguns atributos como aparência geral, cor e gordura são características da carne que são levadas em consideração pelos consumidores, no momento da decisão de compra, e, por esse motivo, essas características têm sido verificadas por diversos estudos científicos (HEINEMANN et al., 2003; LAGE et al., 2012; MAGGIONI et al., 2010; VIEIRA et al., 2007).

Em relação à deposição de gordura na carcaça, as fêmeas apresentam maior potencial para deposição de gordura e iniciam essa fase com pesos menores que os machos castrados e estes com pesos menores que os machos não castrados (BERG; BUTTERFIELD, 1976). As diferenças de deposição de gordura entre fêmeas e machos são ocasionadas pela diferença na curva de crescimento entre as categorias animais. As fêmeas são mais precoces e geralmente apresentam menor tamanho corporal, enquanto os machos não castrados são maiores e mais tardios, e os machos castrados tem desenvolvimento intermediário (LUCHIARI FILHO, 2000). Além disso, Lawrie (1970) relatou que machos depositam menos gordura na carcaça do que as fêmeas em decorrência da ação hormonal, sendo que a diferença entre fêmeas e machos castrados é menor em relação a diferença entre fêmeas e machos inteiros.

De acordo com Ribeiro et al. (2004), a espessura mínima de gordura subcutânea requerida pela indústria brasileira é de 3 mm, para garantir que não haverá penalizações resultando em menores preços pagos pelas carcaças. Além disso, a espessura de gordura é uma característica importante (VENKATA REDDY et al., 2014) porque atua como um isolante térmico na carcaça e influencia a maciez, reduzindo a velocidade de queda de

temperatura e do pH durante o resfriamento pós-morte, diminuindo a possibilidade de ocorrer o encurtamento pelo frio (SAÑUDO et al., 2000).

De acordo com estudos anteriores, comparando diferentes condições sexuais, incluindo animais imunocastrados, os pesquisadores relataram menores valores médios de área de olho de lombo (AOL) em animais castrados cirurgicamente, do que em animais imunocastrados, com a utilização de *B. taurus*, terminados em confinamento (ADAMS; ADAMS, 1992; ADAMS et al., 1993; ADAMS et al., 1996), ou animais cruzados (*B. taurus* x *B. indicus*), terminados em confinamento (AMATAYAKUL-CHANTLER et al., 2012).

Em estudos prévios avaliando a AOL, os animais não castrados apresentaram maiores valores médios de AOL, do que imunocastrados e castrados cirurgicamente, exceto Adams e Adams (1992) e Adams et al. (1996), que mostraram resultados similares de AOL entre animais imunocastrados e não castrados e maiores AOL para imunocastrados do que em animais castrados cirurgicamente.

A quantidade de gordura intramuscular desempenha um papel particularmente importante na determinação da maciez e suculência da carne bovina, por contribuir com o sabor, aroma e textura da mesma (KOOHMARAIE et al., 1996). A maciez e suculência são os principais fatores utilizados para determinar o grau de qualidade da carne (LEE, 2004). De acordo com Smith (2001), carcaças de animais com deposição de gordura adequada na carcaça e bom grau de marmorização, tendem a apresentar carne mais macia. O efeito da gordura de marmorização na maciez seria em função da diminuição da densidade da carne, com a menor tensão entre as camadas de tecido conjuntivo, propiciando maior deslize da proteína pelos lipídeos. Do ponto de vista sensorial, a gordura intramuscular também se relaciona com atributos como suculência e palatabilidade da carne (FORREST et. al., 1975).

Segundo Lee et al. (2009), a gordura intramuscular é a última a ser depositada e as fêmeas bovinas possuem os genes que controlam a eficiência da deposição. Para Tatum, Gruber e Schneider (2007), as fêmeas normalmente superam os machos nos índices de marmorização e qualidade da carcaça, devido à sua capacidade de depositar gordura. Os mesmos pesquisadores constataram que vacas e novilhas apresentaram maiores índices de marmorização, enquanto os bovinos NC tiveram menores índices que os castrados. Em estudo realizado por Weglarz (2010), a carne das fêmeas foi mais macia em relação às demais condições sexuais, o que foi relacionado com o maior escore de gordura intramuscular.

Conforme relatado por Moore et al. (2012) e Choat et al. (2006), as carcaças das fêmeas apresentaram maiores escores de gordura intramuscular em comparação com as carcaças de machos castrados.

Perdas qualitativas, decorrentes do estresse durante o manejo pré-abate, resultam em alterações metabólicas que comprometem a qualidade da carne. Quando o animal sofre o estresse ou faz esforço físico, ocorre a queima da reserva de glicogênio presente no músculo. Logo após o abate o pH inicial do músculo em bovinos é de aproximadamente 7 diminuindo com o decorrer do tempo para valores entre 5,5 a 5,9 após 24 horas, quando todas as reações metabólicas ocorrem dentro da normalidade (ABERLE et al., 2001). Após o abate, o glicogênio é transformado em ácido láctico, através do processo de glicólise anaeróbica. No momento em que o glicogênio passa a ser transformado em ácido láctico, o pH da carne vai decrescendo (MILLER, 2007). Na ocorrência da redução total do glicogênio antes do abate, não ocorrerá a queda necessária do pH para transformação de carne em músculo (MCKEITH et al., 2016).

De acordo com as exigências impostas pela União Europeia, entre outros mercados consumidores estrangeiros, valores de pH aceitos sem restrições alguma são aqueles menores ou iguais a 5,9; valores superiores a esses são descartados para alguns mercados mais exigentes. De acordo com Kuber et al. (2004), a curva de pH sofreria decréscimo importante até a sexta hora de resfriamento em câmara fria após o abate, sendo que após esse tempo, permanece praticamente estável. A importância que a queda no pH ocorra normalmente, sem o risco de ocorrência de carne tipo DFD (Escura, Dura, Seca – *Dark, Firm, Dry*) é ter um maior cuidado com os animais desde o manejo de embarque até os momentos que antecedem o abate (HEDRICK et al., 1959; GRANDIN, 1992; SHACKELFORD et al., 1994). Para que se possa garantir que os animais cheguem ao momento de abate com o menor nível de estresse, no caso específico do transporte rodoviário, deve-se ter em conta as condições do ambiente físico (distância percorrida, tipo e condições dos veículos) e social (densidade e composição do grupo), além das características dos próprios animais (raça, idade, sexo), do manejo no embarque e na condução do veículo.

Neste sentido, Amatayakul-Chantler et al. (2012) não encontraram diferenças nos valores médios de pH observados em animais não castrados e imunocastrados, cruzados, terminados em confinamento. Por outro lado, Vaz e Restle (2000) comparam animais não

castrados e castrados cirurgicamente, Hereford, terminados em confinamento, e encontraram valores de pH mais altos em animais não castrados do que em castrados cirurgicamente.

Em contrapartida, animais não castrados podem apresentar carne de coloração normal. Tudo depende da maneira como eles são manejados, porém devido o fato do temperamento excitável, principalmente em criações a pasto, estes são mais propensos a carne DFD (DBO, 2014).

A cor da carne é influenciada pelo teor e estado físico-químico da mioglobina, pH, idade, condição sexual, alimentação, manejo e estrutura da carne, sendo que este último está diretamente relacionado com o pH final da carne, pois a taxa de declínio do pH pós-morte exerce efeito direto nas reações bioquímicas e características estruturais do músculo (GAGAOUA et al., 2015).

De acordo com McKeith et al. (2016), cortes classificados como gravemente escuros possuem maior abundância de mitocôndria e maiores concentrações de mioglobina do que os cortes levemente escuros. Além disso, as carcaças mais escuras apresentam diminuição na eficiência mitocondrial comparadas às carcaças normais no mesmo lote de produção. Os mesmos autores sugerem que os cortes escuros são favorecidos pelo metabolismo oxidativo, e não só pela depleção do glicogênio que ocorre no pós-morte. O metabolismo oxidativo, juntamente com a produção de energia menos eficiente pela respiração pode predispor os animais para a diminuição do glicogênio, resultando em cortes escuros, pois uma quantidade de glicogênio teria que ser utilizada para fornecer o ATP necessário para abastecer a resposta ao estresse.

Segundo Miguel et al. (2014), as carnes de animais castrados cirurgicamente e imunocastrados apresentaram maior luminosidade e tonalidade de vermelho do que as carnes dos bovinos não castrados, indicando possível vantagem no varejo, sugerindo a aplicação da imunocastração na tentativa de aprimorar as características de carcaça e a cor da carne de machos cruzados (Angus x Nelore) e Nelore. Já, Amatayakul-Chantler et al. (2012) não encontraram diferenças em valores médios de L^* nas amostras de carne de animais castrados cirurgicamente e imunocastrados cruzados, terminados em confinamento.

Portanto, a castração pode ser uma estratégia de manejo adotada na criação do gado para minimizar a aparência escura observada na carne de bovinos não castrados (SEIDEMAN et al., 1982).

A maciez da carne é considerada uma das características qualitativas mais importantes, com alto impacto sobre a aceitação e satisfação do consumidor (MILLER et al., 2001; VOGES et al., 2007; DESTEFANIS et al., 2008). Segundo Miller et al. (2001), os consumidores percebem as diferenças na maciez e afirmam estar dispostos a pagar mais por uma carne mais macia.

A maciez é uma característica complexa, pois é afetada por uma série de fatores, tais como a genética dos animais, o sexo, o manejo nutricional, além de fatores pré e pós-abate, entre outros (MILLER et al., 2001).

A raça dos animais é um fator que tem sido relacionado com a qualidade da carne. Alguns autores relataram um aumento da atividade da calpastatina em *B. indicus*, em comparação a *B. taurus* e relacionaram esse aumento a maior força de cisalhamento, ou seja, uma carne menos macia (IBRAHIM et al., 2008; GIUSTI, et al., 2013).

A condição sexual do animal também está relacionada com a maciez da carne, pois animais não castrados possuem maior ação da testosterona, cuja função está relacionada a hipertrofia muscular, que por sua vez pode diminuir a maciez da carne em comparação ao animal castrado e fêmeas. A testosterona também tem efeito sobre a calpastatina, aumentando sua atividade sobre as calpaínas (ANDREO et al., 2013).

De acordo com Andreo et al. (2013), a carne de bovinos Nelore imunocastrados foi mais macia que a de animais não castrados, possivelmente justificada pela maior atividade das calpaínas em animais imunocastrados.

Em relação à maciez da carne de fêmeas bovinas, estas podem apresentar carnes mais macias que machos castrados ou não castrados, por apresentarem carcaças bem acabadas, com adequada cobertura de gordura subcutânea e com gordura intramuscular (SMITH, 2001).

Por outro lado, a carne de fêmeas bovinas pode ser menos macia em comparação à carne de machos castrados, e neste sentido, as informações existentes trazem um entendimento parcial das diferenças de maciez que frequentemente são observadas entre fêmeas e machos castrados. Diferentes fatores foram identificados e acredita-se que se associam com o efeito da condição sexual na maciez da carne, incluindo: 1) diferenças na atividade da calpastatina e efeitos associados ao amaciamento pós-morte (WULF et al., 1996; O'CONNOR et al., 1997); 2) diferenças no temperamento e nas reações ao estresse pré abate

(VOISINET et al., 1997); 3) efeitos hormonais, incluindo aqueles associados com os altos níveis de estrogênio circulante nas fêmeas (CHOAT et al., 2006), resultando em carne com menor maciez em fêmeas (JEFFERY et al., 1997).

Em relação às propriedades sensoriais da carne, estas estão relacionadas com os cinco sentidos: paladar, olfato, visão, tato e audição. As características sensoriais são geralmente influenciadas pela composição físico-química, que pode ser afetada pela condição sexual (CLEMENS et al., 1973), genética (OKA et al., 2002), idade (LENGYEL et al., 2003) e alimentação (MANDELL et al., 1998), além da estrutura do músculo, alterações pós-morte nos tecidos, estresse e efeitos pré-abate, manuseio do produto, processamento e estocagem, população microbiológica e método de cozimento. Entretanto, é a identificação das características sensoriais e as medidas delas que estabelece a relação entre características de qualidade e propriedades sensoriais do alimento (MILLER, 1994).

A fim de determinar a aceitação de um produto, os consumidores consideram vários atributos, tais como características sensoriais, valor nutritivo, conveniência e impacto na saúde. No entanto, ao degustar uma carne, os consumidores atribuem maior satisfação à maciez, considerando o atributo mais importante em comparação à suculência e sabor (PLATTER et al., 2003).

O conteúdo de gordura presente na carne está altamente relacionado com os atributos sensoriais, uma vez que afeta maciez, sabor e suculência da carne. A gordura intramuscular, no momento do cozimento e mastigação, é liberada, estimulando a salivação e a percepção de suculência e maciez. A importância da gordura se dá principalmente pela sua composição de ácidos graxos, assim como vários compostos como aminoácidos e nucleotídeos que contribuem para a formação do gosto e do odor da carne cozida (NORTHCUTT, 1997), que alteram a palatabilidade da carne (CALKINS; HODGE, 2007).

Em relação às características de sabor, aparência e aspecto geral da carne, Fernandes et al. (2008) não encontraram diferenças quanto à condição sexual na análise sensorial. Os machos castrados e as fêmeas apresentaram melhor classificação quanto à maciez. Este resultado pode estar associado à maior quantidade de gordura subcutânea da carcaça dos machos castrados e das fêmeas. No que se refere às diferenças entre as CS para o atributo suculência, Florek e Litwinczuk (2002) e Weglarz et al. (2002) relataram que a carne das fêmeas bovinas apresenta melhor suculência em comparação com a carne de bovinos não

castrados.

2.4. Composição de ácidos graxos da carne bovina

A carne é a mais importante fonte de proteína animal para dieta humana e atualmente, a pesquisa tem evoluído em investigações para melhorar a qualidade da carne bovina, conquistar o consumidor e ampliar a competição com as carnes de aves e suínos. Sua qualidade normalmente é avaliada por características organolépticas e sensoriais, no entanto, outros aspectos também são relevantes na avaliação da qualidade, entre eles, o teor de gordura e sua composição em ácidos graxos, principalmente, poli-insaturados (AGPI) e ácido linoleico conjugado (FERNANDES et al., 2009).

Segundo Wood et al. (2003), ao mesmo tempo que crescem as preocupações do consumidor com os aspectos de qualidade da carne, crescem as preocupações com os aspectos de saúde humana relacionados com a ingestão de carne bovina, e ainda as recomendações, por órgãos de saúde pública, da ingestão dos AGPI e do equilíbrio dietético entre os insaturados (relação n6:n3).

No entanto, muitos consumidores têm desconhecimento sobre a quantidade e a qualidade da gordura da carne adequada para ingestão e que podem proporcionar benefícios à saúde. Além disso, os ácidos graxos (AGs) de cadeia longa, no tecido adiposo ou muscular, contribuem para aspectos importantes da qualidade da carne e são fundamentais para os valores nutricionais e sensoriais da mesma (WEBB et al., 2008).

Sabe-se que o consumo excessivo da gordura, principalmente a saturada, tanto de origem animal como vegetal, influenciam no processo inflamatório, levando ao aparecimento das doenças como as cardiovasculares, diabetes e o câncer (CALDER et al., 2009; MARQUES et al., 2009). Portanto, tornam-se necessários estudos quanto aos teores de gorduras a serem consumidos sem que sejam prejudiciais à saúde.

A gordura além de fornecer energia em maior quantidade que carboidratos e proteínas, contém os AGs essenciais (aqueles que não são produzidos pelo organismo), que devem estar presentes na alimentação. E, além de conferir sabor aos alimentos, também auxilia no transporte e absorção de vitaminas lipossolúveis A, D, E e K pelo intestino e desempenham papel importante na resposta imune, tanto do homem quanto do animal (WEBB et al., 2008).

O crescente interesse no desenvolvimento de estratégias de manipulação da

composição de ácidos graxos da carne bovina está relacionado à necessidade de se produzir carne mais saudável para reduzir a associação do consumo de carne bovina à ocorrência de doenças (WOOD et al., 2003).

De acordo com Freitas (2006), nos alimentos, assim como na carne, são identificados inúmeros ácidos graxos (AGs) que compõem a fração gordurosa dos tecidos de bovinos, mas praticamente seis deles são os mais representativos e correspondem a cerca de 90% do total. São estes: AG mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), palmitoléico (C16:1 n7), oléico (C18:1 n9) e linoléico (C18:2 n6).

Os AGs estão envolvidos em vários aspectos tecnológicos da qualidade da carne. A variação na composição de AGs tem efeitos importantes na firmeza ou suavidade da gordura das carnes, na vida útil e especialmente no tecido adiposo intramuscular, ou marmorização (WOOD et al., 2003).

A gordura da carne dos ruminantes apresenta maior concentração de ácidos graxos saturados (AGS) e menor relação poli-insaturados:saturados em comparação à da carne de não ruminantes, principalmente em virtude do processo de biohidrogenação dos ácidos graxos não saturados no rúmen pela ação dos microrganismos (FRENCH et al., 2000).

Entretanto, nem todos os AGS são considerados hipercolesterolêmicos (que aumentam os níveis do colesterol ruim – LDL). French et al. (2003) relataram que o AG mais indesejável seria o mirístico (C14:0), o qual no estudo de Freitas (2006) representou apenas 3% do total dos AGs na carne. O AG palmítico (C16:0) foi citado como o de menor efeito hipercolesterolêmico e o AG esteárico (C18:0), com 43% do total dos AGS na carne (FREITAS, 2006), teria efeito nulo, pois se transforma em ácido oleico (C18:1) no organismo (SINCLAIR, 1993), não influenciando os níveis sanguíneos de colesterol.

O ácido esteárico é um AG de cadeia longa, constituído de 18 átomos de carbono sem duplas ligações, portanto classificado como AGS. Entretanto, este pode não se comportar como os outros AGS nas questões relacionadas à doenças do coração (PEARSON, 1993). O comportamento do ácido esteárico é especialmente único nos efeitos sobre os níveis de colesterol do sangue, pois estudos sugerem que sua ingestão tem um efeito neutro ou até de redução dos níveis de colesterol (MONSMA; NEY, 1993). Portanto, não faz sentido considerar o somatório desses três AGS como normalmente se faz para fins de limitação da carne bovina na dieta humana (MEDEIROS, 2003).

Quanto aos ácidos graxos mono-insaturados (AGMI), maiores valores de oleico na forma *cis* são desejáveis por ter ação hipocolesterolêmica, com a vantagem de não reduzir o colesterol HDL (colesterol bom), atuando na proteção contra doenças coronarianas. Este AG é o mesmo dito como “bom para a saúde”. De todos os AGs, Freitas (2006) observou ser o ácido oleico (C18:1 n9) o de maior concentração na carne dos novilhos, representando em torno de 88% dos AGMI. O teor do ácido oleico é positivamente correlacionado com qualidade sensorial da carne (MELTON et al., 1982).

A relação dos AGPI n6:n3 é particularmente benéfica (equilibrada) nas carnes de ruminantes. Estes AGs possuem diversos efeitos sobre a resposta imune e inflamatória. Os AGPI n3 possuem efeitos supressores, como inibição da proliferação de linfócitos, produção de anticorpos e citocinas, expressão de moléculas de adesão e ativação das células Natural Killers (NK). Os AGPI n6 possuem ambos os efeitos, tanto inibitório quanto estimulante da resposta imune (ANDRADE et al., 2006; CALDER et al., 2009). A razão entre a ingestão diária de alimentos fontes em AGs n6: n3 é de grande importância na saúde humana e as recomendações variam de acordo com alguns autores e países. A tendência de convergência da razão entre os AGs n6:n3 é no intervalo de 4:1 a 5:1 (NCM, 1996; SCHAEFER, 2002; SRC, 1990).

Após ingestão de n3, ocorre a biossíntese no organismo dos ácidos graxos eicosapentaenóico - C20:5 (EPA) e docosahexaenóico - C22:6 (DHA), o primeiro está envolvido com a proteção da saúde cardiovascular no adulto (LAAKSONEN et al., 2005) e o segundo é considerado fundamental para o desenvolvimento cerebral e sistema visual, associado à saúde materno-infantil (ÖHLUND et al., 2007).

O ácido araquidônico n-6 (C20:4) e o EPA dão origem aos eicosanóides, sendo os tromboxanos, as prostaglandinas e os leucotrienos. A presença destes na corrente sanguínea poderá proporcionar respostas vasoconstritoras ou vasodilatadoras, estímulo da agregação plaquetária ou a inibição desta e efeitos pró ou anti-inflamatórios (CALDER et al., 2006; GARÓFOLO et al., 2006; LUU et al., 2007).

O ácido linoleico conjugado (CLA) é um representante dos microcomponentes nos produtos de origem animal, que é uma mistura de AGs, que ocorrem como intermediários da biohidrogenação de AGPI (BAUMAN et al., 1999). Esta substância é interessante por atuar como um potente anticarcinogênico natural, reduzir a aterosclerose e diabetes (RAINER &

HEISS, 2004), e ser um agente repartidor de nutrientes, capaz de alterar a deposição de gordura e músculo. O CLA não só previne como também “ataca” as células tumorais já presentes no organismo, reduzindo tumores previamente formados, mas possui também efeitos positivos sobre a função imunitária (COOK et al., 2003; RAINER; HEISS, 2004) e a composição corporal (RAINER; HEISS, 2004).

2.4.1 Influência da condição sexual na composição de ácidos graxos da carne bovina

As diferenças entre o perfil hormonal de bovinos machos e fêmeas são influenciadas pelo metabolismo de lipídeos não somente no tecido adiposo, mas também no sistema enzimático do tecido muscular. As diferenças, aparentemente, estão relacionadas ao sexo do animal. Entretanto, esse mecanismo, especialmente em ruminantes, não está totalmente esclarecido (MALAU-ADULI et al., 1998).

As dietas de ruminantes contendo baixa concentração de gordura, a maioria do tecido adiposo vem da lipogênese. Os AG são alongados até o 18:0 e são convertidos em 18:1 pela dessaturação. À medida que a formação do tecido adiposo aumenta, a deposição de 18:1 reduz.

3 HIPÓTESES

A condição sexual influencia o desempenho e as características quantitativas e qualitativas da carcaça e carne de bovinos cruzados Angus x Nelore terminados em confinamento.

Bovinos machos Angus x Nelore imunocastrados apresentam características de carcaça e carne similares aos machos castrados cirurgicamente e às fêmeas provenientes do mesmo cruzamento.

4 OBJETIVOS

Objetivou-se verificar o efeito da condição sexual sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos Angus x Nelore jovens, terminados em confinamento.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo - FZEA/USP, sob o número 9007030615 protocolado pelo CEUA; e pelo comitê de ética de pesquisa com seres humanos no CEP Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP, por meio da submissão do projeto de pesquisa à Plataforma Brasil, sob o número nº 55010916.9.0000.5422, protocolado pelo CAAE.

5.1. Manejo dos animais, dietas e instalações

O experimento foi realizado no confinamento da Fazenda Califórnia, localizada no município de Turvânia/GO, no período de outubro/2013 a março/2014. Foram utilizados 176 bovinos cruzados Angus x Nelore, terminados em confinamento e divididos em quatro condições sexuais: 32 machos não castrados, 48 machos castrados cirurgicamente, 48 machos imunocastrados e 48 fêmeas, com idade média de 20 meses e peso inicial médio de 251,4±3,62 kg para os bovinos NC, 266,6±2,95 kg para os IM, 226,4±2,95 kg para os CC e 255,4±2,95 kg para as fêmeas. Todos os animais eram pertencentes ao Programa de Certificação de Carne Angus no Brasil. Os animais foram pesados, vermifugados, vacinados (clostridioses e aftosa), identificados individualmente em relação aos tratamentos e mantidos em baias semicobertas de 15m² por animal, contendo área de sombra, cochos e bebedouros, onde receberam alimentação *ad libitum*.

Para a imunocastração dos animais, utilizou-se a vacina Bopriva[®] (Zoetis Brasil), dividida em três aplicações, sendo a primeira dose aos 30 dias antes da entrada dos animais em confinamento, a segunda 60 dias após entrada em confinamento e a terceira 30 dias antes do abate (Figura 2). A castração cirúrgica dos animais foi realizada 30 dias antes da entrada dos animais em confinamento, por método fechado por meio de incisão lateral na bolsa escrotal, proposto por Pádua et al. (2003).

Figura 2 – Esquema explicativo dos métodos de castração

Fonte: Própria autoria.

Durante o período de confinamento foram utilizadas três rações: adaptação, onde os animais permaneceram por 21 dias; crescimento, com permanência de 49 dias e comercial de alto desempenho por 120 dias. Foram formuladas segundo as exigências do NRC (1996), adaptado às condições tropicais, estimadas pelo Programa RLM 3.2[®], para obter-se um ganho médio diário de aproximadamente 1,4 kg/dia. O ganho de peso médio diário dos animais foi calculado por meio da diferença entre o peso de saída e o peso de entrada dos animais divididos pelos dias de confinamento. As rações foram compostas de 80% de concentrado e 20% de volumoso na matéria seca, tendo como alimento volumoso silagem de milho e bagaço de cana hidrolisado e oferecidas ao longo do dia, totalizando seis tratos. A porcentagem de NDT e PB na dieta de crescimento foi de 70% e 16,7%, respectivamente, e na dieta de terminação a porcentagem de NDT foi de 70,7% (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição percentual das dietas (na matéria seca)

Ingredientes (%MS)¹	Adaptação	Crescimento	Comercial de alto desempenho
Gérmen de milho	21,94	30,88	33,90
Milho grão seco 2	21,94	30,88	33,90
Torta gorda	19,17	11,16	-
Silagem de milho	14,03	7,93	7,96
Bagaço cana hidrolisado	9,01	7,82	7,73
Milho grão seco 1	4,47	4,84	4,86
Farelo de girassol	3,28	2,71	7,85
Farelo de soja 45%	2,67	-	-
Núcleo	2,12	2,29	2,30
Uréia	1,27	1,37	1,38
Água	0,06	0,07	0,09

Estimada pelo Programa Ração de lucro máximo 3.2[®] (RLM) ESALQ-USP;

¹MS: matéria seca.

Fonte: Própria autoria

Foi considerado um período longo de confinamento de 190 dias, com fins de desafiar os machos NC para que depositassem mais gordura intramuscular e alcançassem um escore de marmorização desejável ao consumidor.

5.2. Abate, desossa e coleta de amostras

Ao final do período experimental os animais foram enviados para o abate. Estes permaneceram em jejum alimentar por 18 horas antes do abate, foram transportados para o Frigorífico comercial, em caminhões separados, de acordo com os tratamentos, a fim de não

ocorrer mistura de lotes no transporte. Os animais permaneceram separados nos currais do frigorífico e tiveram acesso à dieta hídrica antes do abate.

O abate foi realizado de acordo com os procedimentos humanitários seguindo os padrões do Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA, sob fiscalização do Serviço de Inspeção Federal (BRASIL, 2007). Os animais foram insensibilizados por meio de atordoamento com pistola pneumática penetrante, seguida imediatamente da sangria pela secção dos grandes vasos do pescoço e em seguida foi realizada a esfolia, evisceração e lavagem das carcaças.

Ao final da linha de abate, foi verificado o peso de carcaça quente (PCQ, kg) de cada animal e, por meio do peso vivo do animal e do peso de carcaça quente, foi obtido o rendimento de carcaça quente (RCQ, %).

Após transcorridas 24h do abate, foi avaliado o pH na altura da 12^a costela no músculo *Longissimus* de cada animal, com o auxílio de um peagômetro digital com sonda de penetração (*Hanna Instruments Inc*[®], modelo HI 99163). Durante a desossa, cada meia-carcaça esquerda foi cortada entre a 12^a e a 13^a costelas para avaliar a área de olho de lombo (AOL, cm²), a espessura de gordura subcutânea (EGS, mm) e o índice de marmorização. Para AOL foi utilizada uma régua quadriculada específica, com escala em cm², pelo método de quadrante de pontos.

A espessura de gordura subcutânea (EGS) foi avaliada a $\frac{3}{4}$ da distância entre a parte medial da espinha dorsal e a parte lateral da AOL, utilizando um paquímetro digital 6” (*Amatools*[®], modelo ZAAS *Precision*).

Foram coletadas amostras do m. *Longissimus*, identificadas e embaladas a vácuo individualmente para as análises descritas a seguir.

5.3. Análises qualitativas da carne

Foram coletadas seis amostras do músculo *Longissimus* para as análises qualitativas: cor da carne, perdas por cocção, maciez objetiva (maturadas por zero, 7 e 14 dias a 2°C), maciez subjetiva (maturadas por 14 dias), teor de extrato etéreo e perfil de ácidos graxos. Após maturadas, as amostras foram congeladas a -18°C até o momento das análises. Já as amostras que não foram maturadas, foram congeladas imediatamente a -18°C para as futuras análises laboratoriais.

5.3.1 Cor

Para avaliação da cor, as amostras de carne foram expostas ao oxigênio por 30 minutos, com temperatura controlada e as leituras foram realizadas em três pontos distintos da amostra, com auxílio de um colorímetro portátil (Konica Minolta® Brasil, modelo CM2500d,) para avaliação dos componentes L* (luminosidade), a* (componente vermelho-verde) e b* (componente amarelo-azul) pelo sistema CIELAB. O valor final da cor foi considerado como a média das três leituras (HOUBEN et al., 2000).

5.3.2 Escore de marmorização

O escore de marmorização foi realizado por meio de uma análise de escore visual subjetivo (USDA QUALITY GRADE, 1999), com a existência de depósitos de gordura entre as fibras musculares no m. *Longissimus*, cuja classificação foi determinada por uma escala de pontos. Os escores em ordem decrescente de qualidade consistem em “prime” (dividido em “Abundant”, “Moderately Abundant” e “Slightly Abundant”), “choice” (dividido em “Moderate”, “Modest” e “Small”), “select” (“Slight”) e “standard” (dividido em “Traces” e “Practically Devoid”; SMITH et al., 2013).

5.3.3 Maciez objetiva e perdas por cocção

Os procedimentos para cocção dos bifes destinados a força de cisalhamento foram realizados segundo a AMSA (2013) e a análise de maciez objetiva foi realizada com equipamento *Warner-Bratzler Shear Force (WBSF)*, conforme metodologia proposta por Wheeler et al. (2001).

As amostras foram assadas em forno elétrico a 180°C até atingirem a temperatura interna no bife de 72°C. As temperaturas internas dos bifes foram avaliadas, por meio de um sistema de termopares com termômetros individuais, que foram inseridos nos bifes até seu centro geométrico. Logo em seguida, os bifes foram resfriados por 24 horas, em refrigerador doméstico a 4°C. Posteriormente, foram retirados seis cilindros de 13 mm de diâmetro de cada bife, com um vazador elétrico (WHEELER et al., 2001). A análise de maciez objetiva foi realizada com equipamento *Warner Bratzler Shear Force*. Para determinação da força de cisalhamento, foi considerado para cada bife o valor médio obtido entre os cilindros.

A perda por cocção (PPC) foi determinada pela diferença de peso antes e depois do cozimento [$PPC = (P_i - P_f) / P_i$], expressa em %, conforme proposto por Honikel (1998).

5.3.4. Análise sensorial

Para a análise sensorial, as amostras foram mantidas em refrigerador doméstico (aproximadamente 7°C) por 24 horas para descongelamento e cortadas em tamanho padrão, sendo submetidas a tratamento térmico em forno pré-aquecido a 170°C até atingir a temperatura de 72°C no centro geométrico do bife, a qual foi monitorada por termopares individuais. As amostras destinadas à análise sensorial foram maturadas por 14 dias.

A avaliação foi realizada com 100 consumidores comuns para carne (não treinados), utilizando-se teste afetivo quantitativo de aceitabilidade (MEILGAARD et al., 1999).

Os provadores receberam as amostras de forma sequencial e estas foram apresentadas em copos descartáveis, codificados com números aleatórios de três dígitos, de forma casualizada em blocos completos balanceados, acompanhadas de biscoito tipo água e sal para remoção de sabor residual e água para lavagem do palato.

As amostras foram codificadas com número de três dígitos e fornecidas uma de cada vez aos provadores de acordo com o balanceamento das mesmas (FERREIRA et al., 2000). A ordem de apresentação foi balanceada entre os provadores com o objetivo de minimizar o efeito da ordem de apresentação nos julgamentos dos provadores.

Foi utilizada a metodologia descrita pela (AMSA, 2013) a fim de avaliar as características de maciez, suculência, sabor, aroma e aceitabilidade global. A avaliação das amostras ocorreu por meio de uma ficha contendo escala hedônica estruturada de 9 pontos, variando de 1= desgostei extremamente a 9= gostei extremamente (Figura 3).

Figura 3 – Ficha para análise sensorial de carne bovina contendo escala hedônica estruturada de 9 pontos

Nome: _____			Data: _____			Ficha: _____																				
Você está recebendo uma amostra de Carne Bovina . Por favor, avalie o produto e marque na escala o quanto você gostou ou desgostou das seguintes características:																										
Número da amostra: _____ ESCALA 1 – Detestei 2 – Desgostei muito 3 – Desgostei moderadamente 4 – Desgostei ligeiramente 5 – Nem gostei/nem desgostei 6 – Gostei ligeiramente 7 – Gostei moderadamente 8 – Gostei muito 9 – Adorei			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td colspan="3">Nota</td> </tr> <tr> <td style="width: 33%;">Aroma</td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;">Comentários</td> </tr> <tr> <td>Maciez</td> <td></td> <td>Comentários</td> </tr> <tr> <td>Suculência</td> <td></td> <td>Comentários</td> </tr> <tr> <td>Sabor</td> <td></td> <td>Comentários</td> </tr> <tr> <td>Aceitabilidade global</td> <td></td> <td>Comentários</td> </tr> </table>						Nota			Aroma		Comentários	Maciez		Comentários	Suculência		Comentários	Sabor		Comentários	Aceitabilidade global		Comentários
Nota																										
Aroma		Comentários																								
Maciez		Comentários																								
Suculência		Comentários																								
Sabor		Comentários																								
Aceitabilidade global		Comentários																								

Fonte: Própria autoria

5.3.5 Determinação do teor de extrato etéreo

As análises de extrato etéreo (EE) foram realizadas na carne *in natura*, segundo metodologia proposta pela AOCS Am 5-04 (2009) com um sistema de extração automática utilizando éter em alta temperatura e pressão (ANKOM XT15 *Extractor*, ANKOM Technology, Macedon, USA), consistindo de duas etapas: uma de preparação das amostras e a outra de extração.

O valor da porcentagem de EE, na matéria natural, foi calculado pela seguinte fórmula:

$$EE = 100 \times \frac{(PAE - PBPE)}{PAM}$$

Onde:

PAE: peso amostra extraída

PBPE: peso bag pós extração

PAM: peso da amostra.

5.3.6 Perfil de ácidos graxos da carne

Para determinação do perfil de ácidos graxos da carne, foram utilizadas amostras de aproximadamente 2,8g do centro do m. *Longissimus*, homogeneizada e adicionada em um tubo Falcon de 50 mL.

A extração foi realizada pelo método descrito por Folch et al. (1957), onde os lipídeos foram extraídos por homogeneização da amostra com uma solução de clorofórmio e metanol 2:1 em homogenizador Ultra Turrax Marconi®. Em seguida, os lipídeos foram isolados após a adição de solução de NaCl a 1,5%.

A gordura separada foi metilada e os ésteres metílicos foram formados de acordo com metodologia descrita por Kramer et al. (1997). Os ácidos graxos foram quantificados por cromatografia gasosa (CG-2010 Plus - Shimadzu, auto injetor AOC 20i), usando coluna capilar SP-2560 (100 m × 0,25 mm de diâmetro com 0,02 mm de espessura, Supelco, Bellefonte, PA). A temperatura inicial da coluna foi de 45°C, com aquecimento progressivo até chegar a 175°C, mantendo-se por 27 minutos. Em seguida, um novo aumento de

4°C/minuto foi iniciado até 215°C, mantendo-se durante 35 minutos. Foi utilizado Hidrogênio (H₂) como gás de arraste com fluxo de 40 cm³/s. Os ácidos graxos foram identificados de acordo com o tempo de retenção dos ésteres de metil das amostras utilizando-se os padrões 463 Nu-Chek[®], ácido vacênico C18:1 trans-11 (V038-1G, Sigma[®]), C18:2 trans-10 cis-12 (UC-61M 100mg), CLA e C18:2 cis-9, trans-11 (UC- 60M 100mg), (Sigma[®]) e ácido tricosanóico (Sigma[®]). Os ácidos graxos foram quantificados por normalização da área dos picos dos ésteres de metil, com uso do *Software GS solution 2.42*[®]. Os ácidos graxos foram expressos em porcentagem do total de metil éster quantificado.

5.4. Análise estatística

Os dados foram analisados considerando um delineamento inteiramente casualizado e a análise estatística foi realizada utilizando-se o procedimento MIXED do programa SAS[®] (versão 9.2). A significância foi declarada quando $P \leq 0,05$. Para as características de qualidade da carne (pH, cor, maciez objetiva e perdas por cocção), foi avaliada a condição sexual (não castrado, imunocastrado, castrado cirurgicamente e fêmea) e os três tempos de maturação (dia 0, dia 7 e dia 14). Os dados foram analisados em parcelas subdivididas com modelos mistos, sendo os efeitos fixos: a condição sexual (inteiro, imunocastrado, castrado cirurgicamente e fêmea), os tempos de maturação (dia zero, dia 7 e dia 14) e suas interações. Para o peso vivo final, foi adicionado o peso vivo inicial como covariável. Para as demais variáveis como peso vivo final, ganho médio diário, peso de carcaça quente, área de olho de lombo, rendimento de carcaça quente, extrato etéreo, perfil de ácidos graxos e índice de marmorização, foi utilizado o procedimento supracitado e um modelo linear, incluindo apenas o efeito fixo da condição sexual.

Para as características obtidas na análise sensorial foi utilizado um delineamento em blocos casualizados, utilizando um modelo linear misto, incluindo o efeito fixo de tratamento, além dos efeitos aleatórios de bloco (panelista) e resíduo.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Desempenho dos animais

A CS influenciou o peso vivo final (PVF) e o ganho de peso médio diário (GMD; $P < 0,01$). Os bovinos NC ($554 \pm 5,311$ kg) apresentaram maior peso vivo final, quando comparados aos IM ($494 \pm 4,721$ kg), CC ($498 \pm 5,063$ kg) e fêmeas ($463 \pm 4,379$ kg). No entanto, os animais IM e CC não diferiram entre si e apresentaram maior PVF que as fêmeas (Figura 4).

Figura 4 – Médias do peso vivo final de bovinos Angus X Nelore, em função da condição sexual

Fonte: Própria autoria.

^{a,b}Médias com letras diferentes diferem entre si ($P < 0,01$).

PVF: peso vivo final.

NC: não castrados; CC: castrados cirurgicamente; IM: imunocastrados; F: fêmeas.

De acordo com resultados observados por Seideman et al. (1982), bovinos NC apresentaram 15% de vantagem na taxa de crescimento, eficiência alimentar e quantidade de carne magra na carcaça em comparação aos machos CC da mesma idade e mesmo período de alimentação. No entanto, mesmo a taxa de crescimento sendo menor em machos CC, a castração aprimora o grau de qualidade da carne devido ao alto teor de gordura (HEATON et al., 2006).

Em relação ao menor peso vivo final apresentado pelas fêmeas, quando confinadas, elas geralmente apresentam baixo peso, o que pode ser atribuído à menor deposição muscular (MARQUES et al., 2006). Além disso, Choi et al. (2002) também sugeriram que fêmeas

geralmente apresentam baixa taxa de crescimento em função do período estral.

O GMD foi maior nos machos NC ($1,402 \pm 0,025$ kg), quando comparado com as demais categorias ($P < 0,01$). Todavia, entre os animais CC ($1,146 \pm 0,020$ kg), IM ($1,143 \pm 0,020$ kg) e F ($1,144 \pm 0,020$ kg) os valores para esta característica não foram diferentes ($P > 0,01$; Figura 5).

Figura 5 – Médias do ganho de peso médio diário de bovinos Angus x Nelore, em função da condição sexual

Fonte: Própria autoria.

^{a,b}Médias com letras diferentes diferem entre si ($P < 0,01$).

GMD: ganho médio diário.

NC: não castrados; CC: castrados cirurgicamente; IM: imunocastrados; F: fêmeas.

Ao trabalharem com animais *B. taurus*, Adams et al. (1993) e Cook et al. (2000) também encontraram maiores valores de GMD em animais NC, quando comparados com IM. Além disso, Paulino et al. (2008) observaram que o GMD foi maior em animais NC e não diferiu entre CC e F. Portanto, sugere-se que nos resultados do presente estudo os animais NC podem ter sido beneficiados pela ação dos hormônios andrógenos, que segundo Bretschneider (2005) são os responsáveis pela síntese proteica.

Os animais IM apresentaram GMD similares aos animais CC. Em estudos prévios, Huxsoll, Price e Adams (1998) e Aïssat et al. (2002) avaliaram *B. taurus*, e Ribeiro et al. (2004) *B. indicus* e relatam similaridade para o GMD, entre animais CC e IM. Deste modo, é possível que o efeito anabólico residual da testosterona dos animais IM não foi suficiente para produzir efeito no GMD, a ponto de torná-los superiores aos animais CC (MIGUEL et al., 2014).

6.2. Características de carcaça

De modo geral, a CS influenciou as características de carcaça dos animais ($P < 0,01$). Houve diferença para PCQ, valores médios de pH, AOL, EGS e escore de marmorização. Por outro lado, o RCQ não foi afetado pela CS ($P = 0,1558$). As médias estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Médias e erro padrão da média das características de carcaça de bovinos Angus x Nelore, em função da condição sexual

Variável ¹	Condição Sexual ²				P
	NC	CC	IM	F	
PCQ, kg	319,06±3,955 ^a	274,19±3,230 ^c	292,06±3,230 ^b	275,21±3,230 ^c	<,0001
RCQ, %	57,67±0,902	56,75±0,737	57,52±0,737	59,10±0,737	0,1558
pH	5,65±0,026 ^a	5,49±0,026 ^b	5,51±0,026 ^b	5,50±0,026 ^b	0,0001
AOL, cm ²	84,75±1,117 ^a	65,48±1,100 ^b	68,51±1,135 ^b	66,62±1,117 ^b	<,0001
EGS, mm	7,55±0,597 ^c	11,98±0,588 ^b	12,64±0,606 ^b	16,50±0,597 ^a	<,0001
Marmorização ³	5,44±0,179 ^c	6,77±0,176 ^a	6,08±0,182 ^b	6,75±0,179 ^a	<,0001

Fonte: Própria autoria.

Médias na mesma linha seguidas por letras diferentes diferem entre si ($P < 0,01$).

¹PCQ: peso de carcaça quente; RCQ: rendimento de carcaça quente; AOL: área de olho de lombo; EGS: espessura de gordura subcutânea.

²NC: não castrados; CC: castrados cirurgicamente; IM: imunocastrados; F: fêmeas.

³Select slight: 4,0-4,9; Choice small: 5,0-5,9; Choice modest: 6,0-6,9; Choice moderate: 7,0-7,9; Prime: 8,0 - 9,0.

6.2.1 Peso de carcaça quente

As fêmeas (275,21 kg) e os machos CC (274,19 kg) apresentaram baixos valores para peso de carcaça quente (PCQ), quando comparados com as demais CS, enquanto os bovinos NC (319,06 kg) e IM (292,06 kg) apresentaram valores mais elevados para esta característica. Os dados do presente estudo corroboram com os encontrados por Huxsoll, Price e Adams (1998) e Cook et al. (2000), que avaliaram bovinos *B. taurus* confinados e também observaram que animais NC apresentaram valores médios de PCQ superiores aos IM. Por outro lado, Amatayakul-Chantler et al. (2013), ao estudarem bovinos cruzados, não observaram diferenças de PCQ entre animais NC e IM, criados em confinamento. Todavia, estes mesmos autores relataram que as diferenças em PCQ podem ser atribuídas às diferenças na deposição dos tecidos no animal durante as fases de confinamento, devido ao fato de que machos NC atingem a fase de deposição de gordura mais tardiamente que machos CC (COUTINHO FILHO et al., 2006) ou IM, em função do desenvolvimento muscular.

6.2.2 Rendimento de carcaça quente

O RCQ não foi influenciado pela CS ($P = 0,1558$). Amatayakul-Chantler et al. (2012) avaliaram bovinos cruzados de diferentes CS, terminados em confinamento e da mesma forma como encontrado no presente estudo, não observaram diferenças para RC. Adams et al. (1993), Adams et al. (1996) e Cook et al. (2000) também não observaram diferença para RCQ, ao estudarem *B. taurus* confinados de diferentes CS.

6.2.3 pH

A CS influenciou o pH da carne ($P < 0,01$). Os bovinos NC apresentaram valores superiores às demais CS (5,65), que não foram diferentes entre si (CC: 5,49; IM: 5,51; F: 5,50). No entanto, os valores de pH observados foram considerados normais, que conforme relatado por Aberle et al. (2001) encontra-se entre 5,6 e 5,8. De acordo com Tarrant (1989), a qualidade da carne fresca não é afetada e não corre riscos de proliferação bacteriana se o pH apresentar valores até 5,8. Carnes com valor de pH acima proporcionam às proteínas musculares uma alta capacidade de retenção de água, será escura e terá vida útil mais curta (DFD). Neste sentido, o maior valor de pH observado nas carnes de animais NC deste estudo, pode ter ocorrido devido ao esgotamento do glicogênio muscular no período *ante-mortem*, entretanto, é importante salientar que esta não foi caracterizada como uma carne DFD.

Os valores de pH encontrados no presente estudo estão de acordo com os relatados por Vaz e Restle (2000), que observaram valores médios de pH maiores em animais NC do que em castrados, da raça Hereford, terminados em confinamento. Em oposição aos resultados encontrados no presente estudo, Amatayakul-Chantler et al. (2012) não encontraram diferenças nos valores médios de pH entre animais imunocastrados e não castrados, cruzados (*Bos taurus* x *Bos indicus*), terminados em confinamento.

6.2.4 Área de olho de lombo

A CS influenciou os valores de AOL ($P < 0,01$). Bovinos NC apresentaram maiores valores médios de AOL (84,75 cm²) do que as demais categorias (CC: 65,48 cm²; IM: 68,51 cm²; F: 66,62 cm²), que não diferiram-se entre si. Similarmente aos resultados encontrados no presente estudo, Venkata Reddy et al. (2014), relataram que bovinos NC também apresentaram maior AOL, em comparação aos castrados e novilhas. Adicionalmente, Adams et al. (1993); Huxsoll et al. (1998) e Amatayakul-Chantler et al. (2012) verificaram maiores

valores de AOL em NC, quando comparados com os IM e CC.

Sugere-se que a maior AOL apresentada pelos bovinos NC, no presente estudo, pode ser devido à ação da testosterona, produzida nos testículos (LEE et al., 1990). Pereira et al. (2009) inferiram que o aumento na AOL está associado com o aumento de musculosidade na carcaça. Este resultado foi atribuído à ação da testosterona durante todo o processo de criação do animal inteiro, visto que este hormônio se liga aos receptores nos músculos e estimula o aumento da incorporação dos aminoácidos na proteína, elevando, por consequência, a massa muscular sem um aumento concomitante no tecido adiposo (DAYTON; WHITE, 2008).

6.2.5 Espessura de gordura subcutânea

A EGS foi afetada pela CS ($P < 0,01$). As fêmeas apresentaram maior EGS (16,50 mm), em comparação às demais categorias (NC: 7,55 mm; CC: 11,98 mm; IM: 12,64 mm).

Em relação à maior deposição de gordura subcutânea em fêmeas, Luchiari Filho (2000) relatou que as fêmeas apresentam maior potencial para deposição de gordura, ocasionado pela diferença na curva de crescimento entre as categorias animais. Em geral, as fêmeas são mais precoces e geralmente tem menor tamanho corporal, enquanto os machos NC são maiores e mais tardios, e os machos castrados apresentam desenvolvimento intermediário.

Assim como encontrado no presente estudo, King et al. (2006), Choat et al. (2004) e McKenna et al. (2002) também inferiram que machos castrados possuem menor EGS do que as fêmeas. Contudo, de acordo com Prado et al. (2009), os machos castrados apresentam maior EGS do que machos NC, o que é atribuído principalmente a menor produção de testosterona pelos castrados.

A cobertura de gordura subcutânea mínima requerida pela indústria brasileira para que não haja penalizações no preço é de no mínimo 3 mm (RIBEIRO et al., 2004). Os valores médios de EGS encontrados neste estudo foram muito superiores àqueles recomendados pela indústria, independente da condição sexual dos animais. Ressalta-se que a dieta de elevada proporção de energia, associada à genética dos animais favoreceu a deposição desta gordura nas carcaças. Desta forma, sugere-se que bovinos cruzados terminados em confinamento, independente da CS, proverão suficiente EGS, a fim de contemplar as exigências requeridas por algumas indústrias frigoríficas que premiam carcaças de qualidade no Brasil.

6.2.6 Escore de marmorização

O escore de marmorização foi afetado pela CS ($P < 0,01$). Bovinos CC e fêmeas apresentaram quantidades superiores de gordura intramuscular (6,77 e 6,75, respectivamente), em comparação com os NC (5,44), enquanto os IM apresentaram escore intermediário (6,08) de gordura intramuscular (Tabela 3). É importante destacar que, todas as categorias foram classificadas como grau *Choice*, conforme descrito no Meat Evaluation Handbook (2013). As fêmeas normalmente superam os machos nos escores de marmorização e qualidade da carcaça, devido à sua capacidade de depositar gordura (TATUM; GRUBER; SCHNEIDER, 2007). A gordura intramuscular é a última a ser depositada e as fêmeas bovinas possuem os genes que controlam a eficiência da deposição (LEE et al., 2009).

Além da influência da CS nos resultados de escores de gordura intramuscular observados neste estudo, pode-se atribuir também o fato dos animais possuírem influência do grupo genético britânico (PRADO et al., 2008a,b, 2009), que é conhecido pela sua carne mais marmorizada (SILVA et al., 2002; MOREIRA et al., 2003), bem como pelo tipo e período de terminação adotado. Bovinos alimentados em fase de terminação com dietas ricas em grãos tendem a apresentar maiores escores de gordura intramuscular que animais terminados com dietas a base de forragens (GEORGE, 2002; PETHICK et al., 2002). Além disso, é importante ressaltar que no presente estudo, os animais permaneceram confinados por um período prolongado (190 dias), a fim de desafiar os machos NC para que depositassem mais gordura intramuscular e escore de marmorização compatível às demais CS.

A Figura 6 representa a frequência do escore de marmorização encontrados no presente estudo, nas diferentes CS.

Figura 6 – Gráficos de frequência do escore de marmorização nas diferentes CS

Fonte: Própria autoria.

Select slight: 4,0-4,9; Choice small: 5,0-5,9; Choice modest: 6,0-6,9; Choice moderate: 7,0-7,9; Prime: 8,0 - 9,0.

Observou-se que nas carnes dos animais NC, IM e CC, houve maior frequência do escore *Choice Small*, com 59%, 44% e 43%, respectivamente, do total das amostras. Entretanto, ressalta-se que os animais CC apresentaram uma quantidade considerável de carne *Prime*, com 36% do total das amostras. Já nas fêmeas, a maior frequência foi dos escores *Choice Modest* e *Choice Moderate*, com 41% e 38%, respectivamente do total de amostras.

Desta forma, quanto ao escore de marmorização das carnes, é importante salientar que a carne dos bovinos CC consiste em um produto de melhor qualidade, no que se refere a marmorização, por apresentar maior frequência de escore *Prime*, carne esta que poderá ser comercializada com valor agregado a fim de atender à demanda de nichos de mercado com consumidores mais exigentes.

6.3. Qualidade da carne

6.3.1 Perdas por cocção

A perda de peso dos bifes durante o cozimento foi afetada pelas diferentes CS ($P < 0,01$). As carnes dos animais CC perderam mais água ($29,51 \pm 0,463$ %) durante o cozimento em comparação às demais categorias (NC: $26,65 \pm 0,472$ %; IM: $26,80 \pm 0,470$ %; F:

26,09±0,475 %; Figura 7).

Figura 7 – Médias das perdas por cocção, expressas em porcentagem, de bovinos Angus x Nelore, em função da condição sexual

Fonte: própria autoria.

^{a,b}Médias com letras diferentes diferem entre si ($P < 0,01$).

PPC: perdas por cocção.

NC: não castrados; CC: castrados cirurgicamente; IM: imunocastrados; F: fêmeas.

No entanto, salienta-se que os valores de PPC observados estão no intervalo normal para as carnes desta espécie, que segundo Muchenje et al. (2009) é de 13,1 – 34,54%. Em adição, os resultados observados no presente estudo estão de acordo com o relatado por Abularach, Rocha e Felicio (1998) e Vaz et al. (2002), os quais encontraram valores de 27,11 e 28,44%, respectivamente, considerados normais pelos autores. Em contrapartida, Miguel et al. (2014) não encontraram diferenças para PPC trabalhando com animais cruzados terminados em confinamento, NC, CC e IM, relatando que a CS não influenciou esta característica.

Conforme encontrado no presente estudo, Vaz et al. (2001) também observaram valores médios de PPC maiores em animais CC do que em NC, trabalhando com animais Nelore e Canchim. Por outro lado, Amatayakul-Chantler et al. (2013) não encontraram diferenças nos valores médios de PPC das amostras de carne de bovinos Nelore CC e IM, criados a pasto.

6.3.2 Valores de L^* a^* b^*

Houve interação entre condição sexual e dias de maturação para os cromas L^* ($P = 0,0118$) e b^* ($P = 0,0113$). No entanto, não foi observada interação entre os fatores para os valores de a^* ($P = 0,079$; Tabela 3).

Tabela 3 – Médias e erro padrão da média dos valores de L*, a* e b* do m. *Longissimus* de bovinos Angus x Nelore, em função da condição sexual e os dias de maturação

Variável ¹	CS ²	Dias de maturação			P		
		0	7	14	CS	Tempo maturação	CS X Tempo
L*	NC	30,04±0,749 ^{Aab}	28,86±0,757 ^{Cb}	31,08±0,627 ^{Ba}	<.0001	<.0001	0,0118
	CC	32,08±0,737 ^{Ab}	34,81±0,746 ^{Aa}	35,77±0,618 ^{Aa}			
	IM	31,08±0,749 ^{Ab}	33,37±0,757 ^{ABab}	34,97±0,627 ^{Aa}			
	F	31,99±0,749 ^{Ab}	31,22±0,757 ^{BCb}	34,07±0,627 ^{Aa}			
a*	NC	11,79±0,349	11,78±0,418	11,32±0,286	0,1438	0,035	0,079
	CC	11,76±0,344	10,31±0,412	10,80±0,281			
	IM	11,99±0,349	11,27±0,418	11,15±0,286			
	F	10,83±0,349	11,57±0,418	11,14±0,286			
b*	NC	9,95±0,786 ^a	10,94±0,724 ^{Ba}	10,44±0,354 ^{Aa}	0,0422	0,1542	0,0113
	CC	12,94±0,774 ^{Aa}	11,44±0,713 ^{Aba}	11,57±0,349 ^{Aa}			
	IM	12,36±0,786 ^{Aba}	11,82±0,724 ^{Aba}	11,55±0,354 ^{Aa}			
	F	9,70±0,786 ^{Bb}	13,63±0,724 ^{Aa}	11,23±0,354 ^{Ab}			

^{A,B} Médias na mesma coluna com diferentes letras maiúsculas são significativamente diferentes (P<0,05).

^{a,b} Médias na mesma linha com diferentes letras minúsculas são significativamente diferentes (P<0,05).

¹L*: luminosidade; a*: intensidade de vermelho; b*: intensidade de amarelo;

²CS = condição sexual; NC: não castrados; CC: castrados cirurgicamente; IM: imunocastrados; F: fêmeas.

Fonte: Própria autoria

Os valores de L* foram influenciados pela CS e pelo aumento no tempo de maturação. Aos 7 dias de maturação, as carnes dos animais NC (28,86) e das F (31,22) apresentaram-se mais escuras (menor luminosidade) do que as carnes dos animais CC (34,81) e IM (33,37). Já, aos 14 dias de maturação, os animais NC (31,08) apresentaram carnes mais claras (maior luminosidade) que as demais CS (CC=35,77; IM=34,97; F=34,07).

Segundo Seideman et al. (1982), a castração pode ser uma estratégia de manejo adotada na criação do gado para minimizar a aparência escura observada na carne de bovinos NC. Amatayakul-Chantler et al. (2012) também não encontraram diferenças em valores médios de L* nas amostras de carne de animais CC e IM cruzados, terminados em confinamento, assim como no presente estudo.

Os valores médios de L* aos zero e 7 dias de maturação encontraram-se abaixo da média relatada por Muchenje et al. (2009), que observaram variação entre 33,2 – 41, o que no presente estudo, indica uma coloração mais escura da carne, ao contrário das médias obtidas aos 14 dias de maturação. Desta forma, verificou-se que à medida em que aumentou o tempo de maturação, o valor de L* também aumentou, ou seja, a carne tornou-se mais clara. Segundo Tullio et al. (2013), a maturação pós-morte tem efeito sobre a cor da carne. Estas alterações observadas nas coordenadas de cor durante a maturação são esperadas, pois ocorrem os processos de proteólise de estruturas celulares, com consequente redução da

capacidade de retenção de água (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005), contribuindo para o aumento da reflexão no corte cárneo.

Os valores médios de a^* (intensidade da cor vermelha) não foram influenciados pela CS ($P = 0,1438$). Do mesmo modo, Amatayakul-Chantler et al. (2012) também não observaram diferença nos valores médios de a^* em carne de animais cruzados, IM e NC, terminados em confinamento. Todavia, os valores de a^* foram influenciados pelo período de maturação ($P = 0,035$; Tabela 3) e encontram-se adequados segundo Muchenje et al. (2009), o qual relataram que o valor de a^* deve variar entre 11,1 – 23,6. No presente estudo, os valores oscilaram entre 11,59, 11,23 e 11,10, nos tempos 0, 7 e 14 dias pós-morte, respectivamente, podendo ser considerados irrelevantes para a tomada de decisão do consumidor no momento da compra da carne.

Os valores de b^* (intensidade do amarelo) foram influenciados pela CS nos tempos zero e 7 de maturação. No tempo zero, as carnes dos animais CC (12,94) e IM (12,36) apresentaram valores de b^* maiores (mais amareladas) do que carnes dos animais NC (9,95) e das F (9,70). No entanto, no dia 7 as carnes dos animais NC (10,94) apresentaram valores de b^* menores (menor intensidade de amarelo) que as demais CS (CC: 11,44; IM: 11,82; F: 13,63). No que se refere à influência do tempo de maturação nos valores de b^* , as carnes das fêmeas apresentaram-se mais amareladas aos 7 dias de maturação, enquanto as carnes dos animais IM perderam tonalidade de amarelo ao longo dos dias de maturação.

Alguns dos resultados encontrados neste estudo encontraram-se acima daqueles relatados por Muchenje et al. (2009), onde o valor de b^* deve variar entre 6,1 – 11,3. Os elevados valores de b^* observados podem estar associados aos altos valores de extrato etéreo deste trabalho, ao aumentar o teor de gordura na carne eleva-se o valor de b^* . Em adição, segundo Sañudo (2002), o aumento no tempo de maturação da carne tende a torná-la mais marrom, ou seja, o teor de b^* tende a ser maior, devido a oxidação dos pigmentos da cor (LUCIANO et al., 2009).

6.3.3 Força de cisalhamento

Houve interação entre condição sexual e dias de maturação para os valores de força de cisalhamento ($P = 0,0002$). A CS e o período de maturação influenciaram os valores de FC do m. *Longissimus*. Além disso, a maturação favoreceu a maciez da carne, em função da CS (Figura 7). O valor médio de FC da carne dos machos NC no tempo zero de maturação foi de

5,92 kg, dos CC foi de 3,85 kg, dos IM foi de 3,93 kg e da carne das fêmeas foi de 5,04 kg. Já aos 7 dias de maturação, a carne dos machos NC apresentou valor médio de FC de 4,75 kg, os IM de 3,40 kg, os CC de 3,22 kg e para as fêmeas o valor foi de 3,94 kg. Aos 14 dias de maturação, os machos NC apresentaram valor médio de FC de 3,85 kg, os IM de 3,17 kg, os CC de 3,08 kg e as fêmeas de 3,14 kg (Figura 8).

Figura 8 – Médias dos valores de força de cisalhamento do m. *Longissimus* de bovinos Angus x Nelore, em função da condição sexual e os dias de maturação

Fonte: Própria autoria.

^{a,b} Médias com diferentes letras maiúsculas dentro das condições sexuais e minúsculas dentro dos dias de maturação são significativamente diferentes ($P < 0,05$).

FC: força de cisalhamento.

NC: não castrados; CC: castrados cirurgicamente; IM: imunocastrados; F: fêmeas.

Deste modo, quando não foram maturadas (dia zero), as carnes dos animais IM e CC (3,93 kg e 3,85 kg, respectivamente) foram mais macias, quando comparadas às carnes dos animais NC (5,92 kg) e das fêmeas (5,04 kg), que não se diferiram entre si. Ao considerar que Shackelford et al. (1991) sugeriram que carnes com valores de FC abaixo de 4,5 kg são macias, vale ressaltar que a carne dos animais CC e IM foram mais macias mesmo sem o processo de maturação (dia zero). A maior maciez da carne de animais CC e IM, quando comparada a dos animais NC pode também ser atribuída ao melhor acabamento da carcaça destes animais. Vários autores relataram que carcaças revestidas com gordura subcutânea insuficiente são mais sujeitas ao encurtamento pelo frio (*cold shortening*), resultando no endurecimento da carne (MERKEL; PEARSON, 1975; SMITH et al., 1976; BOWLING et al., 1977; YOUNG et al., 1977; DIKEMAN et al., 1979; LOCHNER et al., 1980). Além disso, Weglarz (2010) relatou que a qualidade das carcaças e da carne é significativamente

afetada pelo sexo dos animais e esta pode ser adicionada à lista de fatores *ante-mortem* que contribuem para a variação encontrada na maciez das carnes.

Por outro lado, esperava-se que as carnes não maturadas provenientes das fêmeas fossem mais macias, ou similares à carne dos machos castrados. No entanto, esta foi mais dura (5,04 kg), em comparação a dos animais CC e IM (3,85 kg e 3,93 kg, respectivamente).

Aos 7 e 14 dias de maturação, a carne dos animais NC foram menos macias que as demais CS. Neste sentido, Amatayakul-Chantler et al. (2012) observaram maiores valores de FC em carne de animais cruzados NC do que em cruzados IM. Além disso, outros pesquisadores (DIKEMAN et al., 1986; MORGAN et al., 1993; COSTA et al., 2007) relataram maiores valores de FC na carne de animais NC do que em animais castrados (6,42 kg e 4,78 kg, respectivamente).

Esta maior dureza na carne de animais NC pode ser atribuída ao fato de que estes apresentam maior taxa de crescimento, devido a maior ação da testosterona, cuja função está relacionada a hipertrofia muscular, produzindo desta forma, carcaças com mais músculo e menos gordura que animais castrados (SEIDEMAN et al.; 1982). E, por sua vez pode diminuir a maciez da carne em comparação ao animal castrado. A testosterona também tem efeito sobre a calpastatina, aumentando sua atividade e bloqueando a ação das calpaínas, responsáveis pelo amaciamento da carne, permitindo assim um maior crescimento muscular deixando a carne mais dura (KOOHMARAI, 1990). De acordo com Andreo et al. (2013), a carne de bovinos IM foi mais macia que a de animais NC, possivelmente justificada pela maior atividade das calpaínas nos animais IM.

Ressalta-se que no presente estudo, à medida que aumentou o período de maturação, as carnes dos animais NC foram favorecidas em relação às demais CS, pois partiu de um valor de FC de 5,9 kg, onde a carne é considerada dura, alcançando um valor de 3,8 kg, sendo então considerada macia. Em experimento conduzido por Tullio et al. (2013), os autores relataram que ao maturar a carne bovina por 14 dias, o valor de FC diminuiu de 8,35 kg para 3,66 kg e de 9,35 a 3,53 kg, para os bovinos NC e fêmeas, respectivamente, consequentemente aumentando a maciez da carne. Da mesma forma, a maturação por 7 dias melhorou a maciez da carne. Neste sentido, é fato que a maturação pós-morte melhora a maciez da carne bovina (JIANG et al., 2010).

A carne de bovinos NC necessita de 14 dias de maturação para ser considerada macia,

isto implica em custos para as empresas frigoríficas, principalmente com energia elétrica e espaço nas câmaras frias. Por este motivo, ressalta-se que a carne dos animais castrados, por método cirúrgico ou imunológico, proveniente de bovinos cruzados Angus x Nelore pode ser uma alternativa para atender a demanda de consumidores exigentes por um produto de qualidade, com valor agregado. Pois, de acordo com os resultados encontrados no presente estudo, esta carne pode ser considerada macia sem a necessidade de maturação.

Por outro lado, a carne das fêmeas necessita de maturação por no mínimo 7 dias para alcançar uma maciez desejável. Segundo Choat et al. (2006), foram encontradas diferenças entre os valores de FC da carne de fêmeas e machos CC aos 7 e 14 dias de maturação, diminuindo esta diferença quando o período de maturação se estendeu para 21 dias. Estes resultados sugerem que na carne produzida pelas fêmeas, o processo de amaciamento pós-morte é mais lento que a carne de machos CC, entretanto, requer um período de maturação mais longo para atingir um nível comparável de maciez.

É importante salientar que existem diferenças entre fêmeas e machos (castrados ou não), que refletem diretamente na maciez da carne, as quais são associadas aos níveis de enzimas que quebram as proteínas e maturam a carne (WULF et al., 1996; O'CONNOR et al., 1997); ao diferente temperamento entre as condições sexuais e reações ao estresse pré abate (VOISINET et al., 1997); aos efeitos hormonais, principalmente em relação aos altos níveis de estrogênio circulante nas fêmeas (CHOAT et al., 2006), que resulta em carne menos macia por parte das fêmeas (JEFFERY et al., 1997). Portanto, esta pode ser uma possível explicação para os resultados da maior dureza da carne das fêmeas observados no presente estudo.

6.3.4 Teor de extrato etéreo

O teor de EE foi alterado pela CS ($P = 0,0248$), com valores médios de 4,39% para a carne das fêmeas, 4,25% para machos CC e média de 3,27% para a carne dos IM, que não foram diferentes entre si. A carne dos machos NC apresentou teor médio de EE de 2,46%, sendo inferior ao teor das demais CS (Figura 9).

Figura 9 – Médias do teor de extrato etéreo, expresso em porcentagem, de bovinos Angus x Nelore, em função da condição sexual

Fonte: Própria autoria.

^{a,b}Médias com letras diferentes diferem entre si ($P < 0,01$).

EE: extrato etéreo.

NC: não castrados; CC: castrados cirurgicamente; IM: imunocastrados; F: fêmeas.

Ao trabalharem com machos NC e fêmeas, Sharaf Eldin et al. (2013) observaram menor teor de gordura na carne de bovinos NC em comparação com a carne de fêmeas.

O teor de EE das carnes das fêmeas observado, neste estudo, (4,39%), foi superior ao valor observado por Lage et al. (2012), em carne de fêmeas cruzadas Angus x Nelore, com médias de 2,99%. Uma vez que a composição das dietas em ambos os estudos foi similar, a superioridade do teor de EE encontrado no presente estudo pode ter ocorrido em função dos diferentes dias de confinamento dos animais. No presente estudo, as fêmeas ficaram mais tempo se alimentando em confinamento (190 dias) do que no estudo feito por Lage et al. (2012), que foi de 105 dias.

Os resultados observados no presente estudo concordam com os encontrados por Vaz et al. (2001), onde o menor teor de EE foi observado na carne de machos NC (1,73 g/100g) em comparação à carne dos machos CC (2,88 g/100g). Adicionalmente, Moreira et al. (2003) encontraram valores semelhantes quando compararam a carne de animais da raça Nelore e animais cruzados, terminados em pasto. O teor de extrato etéreo encontrado foi 1,86 g/100g para animais Nelore e 1,37 g/100g na carne dos animais cruzados, respectivamente.

6.3.5 Análise sensorial

A CS influenciou todos os atributos avaliados na análise sensorial ($P < 0,05$; Tabela 4).

Tabela 4 – Médias, erro padrão da média e probabilidades da análise sensorial da carne maturada por 14 dias de bovinos Angus x Nelore, em função da condição sexual

Atributo	Condição sexual ¹				EPM ²	P
	NC	IM	CC	F		
Suculência	6,03 ^b	6,47 ^a	6,60 ^a	6,34 ^{ab}	0,1694	0,0226
Sabor	5,88 ^b	6,43 ^a	6,34 ^a	6,37 ^a	0,1647	0,0055
Maciez	6,29 ^c	6,81 ^{ab}	6,93 ^a	6,40 ^{bc}	0,1600	0,0030
Aroma	6,29 ^b	6,30 ^b	6,71 ^a	6,66 ^a	0,1448	0,0026
Aceitabilidade global	6,13 ^b	6,51 ^a	6,55 ^a	6,45 ^a	0,1481	0,0278

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença pelo Teste de Tukey.

¹NC: não castrados; IM: imunocastrados; CC: castrados cirurgicamente; F: fêmeas.

²EPM: erro padrão da média.

Escala hedônica estruturada de 9 pontos: 1-detestei; 2-desgostei muito; 3-desgostei moderadamente; 4-desgostei ligeiramente; 5-nem gostei/nem desgostei; 6-gostei ligeiramente; 7-gostei moderadamente; 8-gostei muito; 9-adorei.

Fonte: Própria autoria

As carnes dos bovinos IM, CC e das fêmeas foram mais suculentas, com sabor mais favorável e tiveram maior aceitabilidade global, em comparação à carne dos animais NC.

Corroborando com os resultados observados no presente estudo, Purchas et al. (2002) relataram que a carne de animais NC foi menos suculenta que a dos animais castrados, assim como Florek & Litwinczuk (2002) e Weglarz et al. (2002) observaram maior suculência na carne de fêmeas quando comparadas com animais NC. Por outro lado, não foi observada diferença na suculência entre as carnes de bovinos CC e F, em estudo realizado por Choat et al. (2006). A maior suculência atribuída às carnes dos bovinos CC, IM e das fêmeas no presente estudo pode estar diretamente relacionada aos altos índices de marmorização e maior EGS obtidos nestas categorias em comparação aos resultados observados para os bovinos NC, pois de acordo com Mathoniere et al. (2000), a suculência é incluída na análise porque é um componente importante da percepção sensorial da maciez da carne bovina.

Ressalta-se que os resultados observados para suculência na análise sensorial não estão em consonância com os resultados de PPC do presente estudo, onde para carne dos animais CC houve maior perda durante o cozimento, quando comparada com as demais CS. No entanto, as diferenças são de baixa relevância do ponto de vista de percepção do consumidor, uma vez que os valores de PPC dos animais CC estão dentro do normal para as carnes desta espécie (13,1 – 34,54%), conforme relatado por Muchenje et al. (2009).

Similarmente ao resultado encontrado neste estudo para aceitação do consumidor em relação ao sabor da carne, Gorraiz et al. (2002) observaram que a carne das fêmeas também apresentou sabor característico de carne mais acentuado do que a carne dos bovinos NC, o qual pode ser relatado como um sabor mais desejável da carne das fêmeas, conforme

observado por outros autores (LAWRIE, 2005). Este resultado pode ser relacionado com o grupo genético do animal e à produção de hormônios sexuais e suas influências na composição lipídica (DASHDORJ et al., 2015). Em adição, Mandell et al. (1997) relataram que a carne de bovinos NC apresentou menor intensidade de sabor em relação aos castrados, independente do grupo genético estudado.

Em relação ao atributo maciez, as carnes de bovinos CC e IM apresentaram melhor classificação na análise sensorial, que segundo Whipple et al. (1990) e Luchiari Filho (2000), dentre todas as características sensoriais, a maciez é o principal atributo de palatabilidade que determina a aceitabilidade do produto pelo consumidor, sendo frequentemente uma causa de insatisfação em termos de qualidade de carne (CHAMBERS; BOWERS, 1993). Ao considerar que as carnes utilizadas para a análise sensorial foram maturadas por 14 dias, esses resultados estão em consonância com aqueles observados na FC, onde a melhor maciez foi observada na carne de animais CC e IM, possivelmente em função dos fatores ante e pós-morte que interferem na maciez da carne já mencionados anteriormente.

Fernandes et al. (2008), ao compararem bovinos NC, castrados e fêmeas da raça Canchin, na análise sensorial com consumidores, observaram melhores notas de maciez em animais castrados e fêmeas em comparação com NC.

Em relação ao aroma, os provadores atribuíram notas maiores para a carne dos animais CC e F, quando comparada àquelas de NC e IM. Choat et al. (2006) também não observou diferença no aroma entre as carnes de bovinos castrados e fêmeas.

No que se refere à aceitabilidade global, não houve diferença entre as carnes dos animais CC, IM e das fêmeas, que tiveram uma maior aceitação pelos consumidores, em relação à carne dos bovinos NC.

Com base nos resultados obtidos na análise sensorial, percebe-se que a carne proveniente de fêmeas e animais castrados, sejam imunocastrados ou castrados por método convencional, apresentaram melhor aceitação pelos consumidores, em comparação à carne dos animais NC. Da mesma forma, Choat et al. (2006) também não observaram diferenças de aceitação global entre as carnes de bovinos CC e a carne de fêmeas. Além disso, Seideman et al. (1982) relataram que a carne de bovinos NC apresenta baixa aceitação pelos consumidores, devido às suas diferenças na cor, maciez e distribuição de gordura. Além de

ser rotulada como menos macia, em alguns casos, pode ter sabor e aroma indesejáveis quando comparada com carnes de bovinos castrados (SEIDEMAN et al., 1982).

6.3.6 Perfil de ácidos graxos da carne

Os principais ácidos graxos encontrados no m. *Longissimus* de bovinos cruzados Angus x Nelore estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Composição de ácidos graxos (%) no m. *Longissimus* de bovinos Angus x Nelore confinados, em função das condições sexuais

(Continua)

Ácido graxo ¹	Condição sexual ²				P
	NC	CC	IM	F	
AGS					
C10:0 Caprico	0,05±0,003	0,05±0,002	0,05±0,003	0,05±0,002	0,0885
C11:0 Undecanoico	0,05±0,007	0,04±0,007	0,04±0,007	0,04±0,015	0,7374
C12:0 Laurico	0,07±0,003	0,07±0,003	0,07±0,003	0,07±0,003	0,2362
C13:0 Tridecanoico	0,03±0,005	0,01±0,005	0,02±0,003	0,01±0,004	0,0704
C14:0 Mirístico	2,61±0,083 ^b	3,19±0,082 ^a	3,07±0,082 ^a	3,23±0,082 ^a	<.0001
C15:0 Pentadecanoico	0,32±0,010	0,30±0,010	0,30±0,010	0,31±0,010	0,4175
C16:0 Palmitico	23,12±0,260 ^c	26,23±0,256 ^a	24,83±0,256 ^b	25,92±0,256 ^a	<.0001
C17:0 Heptadecanoico	1,41±0,086 ^a	1,06±0,086 ^b	0,96±0,085 ^{bc}	0,80±0,085 ^c	<.0001
C18:0 Estearico	16,84±0,344 ^a	13,47±0,339 ^c	15,61±0,339 ^b	14,12±0,339 ^c	<.0001
C20:0 Araquídico	0,10±0,003 ^a	0,07±0,004 ^b	0,08±0,003 ^b	0,08±0,003 ^b	<.0001
C21:0 Heneicosanoico	0,03±0,004	0,02±0,005	0,02±0,003	0,02±0,004	0,1958
C22:0 Behenico	0,09±0,006 ^a	0,03±0,011 ^b	0,04±0,008 ^b	0,02±0,010 ^b	<.0001
AGMI					
15:1 trans 9 Pentadecanoico	1,58±0,112 ^a	1,34±0,111 ^{ab}	1,25±0,111 ^b	1,10±0,111 ^b	0,0209
16:1 cis11 Palmitoleico	0,79±0,023	0,79±0,023	0,79±0,023	0,83±0,023	0,4987
16:1 trans 13 Palmitoleico	0,32±0,011 ^a	0,09±0,011 ^c	0,22±0,011 ^b	0,11±0,011 ^c	<.0001
24:1 nervonico cis 15	0,15±0,011 ^{ab}	0,17±0,011 ^a	0,13±0,011 ^b	0,12±0,011 ^b	0,0032
C14:1 cis9 Miristoleico	0,48±0,029 ^b	0,71±0,028 ^a	0,65±0,028 ^a	0,72±0,028 ^a	<.0001
C15:1 cis 10 Pentadecanoico	0,09±0,006 ^a	0,07±0,006 ^b	0,06±0,006 ^b	0,06±0,006 ^b	0,0041
C16:1 cis 9 Palmitoleico	2,02±0,070 ^c	3,08±0,068 ^a	2,55±0,068 ^b	2,94±0,068 ^a	<.0001
C17:1 cis 10 Heptadecanoico	0,63±0,022	0,67±0,022	0,60±0,022	0,64±0,022	0,1879
C18:1 cis11 Vacenico	1,22±0,027 ^a	1,20±0,027 ^{ab}	1,13±0,027 ^{bc}	1,12±0,027 ^c	0,0237
C18:1 n9 trans Elaidico	0,61±0,094 ^b	0,41±0,094 ^{bc}	0,35±0,091 ^c	1,15±0,092 ^a	<.0001
AGPI					
22:3 n3 Docosatrienoico cis 13, 16, 19	0,32±0,022 ^a	0,22±0,022 ^b	0,22±0,022 ^b	0,24±0,022 ^b	0,0098
22:4 n6 Docosatetraenoico cis 7,10,13,16	0,16±0,032	0,10±0,025	0,09±0,018	0,06±0,041	0,1853
C18:2n6c Linoleico	7,21±0,326 ^a	4,88±0,321 ^b	4,85±0,321 ^b	4,31±0,321 ^b	<.0001
C18:2n6t Linoleaidico	0,12±0,008	0,11±0,006	0,12±0,006	0,12±0,006	0,4639
C18:3n3 Linolenico	0,15±0,009 ^c	0,19±0,009 ^b	0,11±0,009 ^d	0,27±0,009 ^a	<.0001

Tabela 5 – Composição de ácidos graxos (%) no m. *Longissimus* de bovinos Angus x Nelore, em função das condições sexuais

(Conclusão)

Ácido graxo ¹	Condição sexual ²				
	NC	CC	IM	F	P
C20:2n6 Eicosadienoico cis 11, 14	0,07±0,003 ^a	0,04±0,003 ^c	0,05±0,003 ^b	0,03±0,003 ^c	<.0001
C20:3 n3 cis 11, 14, 17 Eicosatrienoico	1,34±0,096 ^a	1,18±0,096 ^{ab}	0,98±0,093 ^b	0,98±0,096 ^b	0,0225
C20:3 n6 cis 8, 11, 14 Eicosatrienoico	0,31±0,023	0,36±0,023	0,29±0,023	0,30±0,023	0,136
C20:5 n3 Eicosapentaenoico 5,8,11,14,17	0,16±0,047	0,23±0,040	0,21±0,036	0,19±0,036	0,7295
C22:2n6 Docosadienoico cis 13, 16	0,14±0,043	0,22±0,043	0,13±0,042	0,11±0,043	0,2322
CLA					
CLA cis 9 trans 11	0,30±0,024 ^b	0,30±0,024 ^b	0,36±0,023 ^b	0,42±0,023 ^a	0,0006
Outros AG não identificados	3,47±0,126 ^A	2,16±0,124 ^C	3,52±0,124 ^A	2,54±0,124 ^B	<.0001

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha, indica que houve diferença pelo Teste de Tukey.

¹AGS: ácidos graxos saturados; AGMI: ácidos graxos mono-insaturados; AGPI: ácidos graxos poliinsaturados; CLA: ácido linoleico conjugado; AGI: ácidos graxos insaturados.²NC: não castrados; CC: castrados cirurgicamente; IM: imunocastrados; F: fêmeas.

Fonte: Própria autoria

A condição sexual não influenciou a composição de AGS, porém influenciou o total de AGMI, AGPI, concentração de CLA, concentração de n6 (ômega 6), relação AGPI/AGS e relação n6/n3 ($P < 0,05$; Tabela 6).

Tabela 6 – Total de ácidos graxos saturados, mono-insaturados, poli-insaturados, ácido linoleico conjugado, n3 e n6 no m. *Longissimus* de bovinos Angus x Nelore, em função da condição sexual

Ácido graxo (%) ¹	Condição Sexual ²				
	NC	CC	IM	F	P
AGS	44,92±0,44	44,44±0,41	45,14±0,41	44,63±0,41	0,6486
AGMI	41,56±0,41 ^c	44,21±0,41 ^b	43,95±0,41 ^b	45,77±0,41 ^a	<.0001
AGPI	9,76±0,51 ^a	7,57±0,51 ^b	7,30±0,51 ^b	6,49±0,51 ^b	0,0001
CLA cis 9 trans 11	0,30±0,02 ^b	0,30±0,02 ^b	0,36±0,02 ^b	0,42±0,02 ^a	0,0006
Total n3	1,93±0,12	1,77±0,12	1,55±0,12	1,64±0,12	0,1611
Total n6	8,36±0,37 ^a	5,59±0,35 ^b	5,47±0,35 ^b	4,84±0,35 ^b	<.0001
Relação AGPI/AGS	0,22±0,01 ^a	0,17±0,01 ^b	0,16±0,01 ^b	0,14±0,01 ^b	0,0004
Relação n6/n3	4,83±0,23 ^a	3,35±0,22 ^{bc}	3,69±0,22 ^b	3,05±0,22 ^c	<.0001

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha, indica que houve diferença pelo Teste de Tukey.

¹AGS: ácidos graxos saturados; AGMI: ácidos graxos mono-insaturados; AGPI: ácidos graxos poli-insaturados; CLA: ácido linoleico conjugado; AGI: ácidos graxos insaturados; n3: ômega 3; n6: ômega 6.²NC: não castrados; CC: castrados cirurgicamente; IM: imunocastrados; F: fêmeas.

Fonte: Própria autoria

A concentração de AGMI ($P < 0,01$) e CLA ($P = 0,0006$) foi superior na carne das fêmeas (45,77% e 0,42%, respectivamente), em relação à NC (41,56% e 0,30%), CC (44,21% e 0,30%) e IM (43,95% e 0,36%). A maior concentração de AGMI na carne das fêmeas ocorreu, principalmente em função das maiores concentrações dos principais AG individuais

deste grupo, o C18:1 cis 9 (35,65%; $P < 0,01$) e C16:1 cis 9 (2,94%; $P < 0,01$).

Destaca-se que o aumento na concentração do ácido oleico (C18:1 cis 9) é altamente desejável, pois, conforme relatado por Mir et al. (2003), este AG é reconhecido por apresentar propriedades hipocolesterolêmicas. No presente estudo, as fêmeas (35,65%) e machos CC (35,31%) não se diferiram entre si para a concentração de ácido oleico e apresentaram maior concentração deste ácido em comparação aos NC (31,12%), enquanto os IM (34,25%) apresentaram valor intermediário. Estes valores estão de acordo com os apresentados por Fernandes et al. (2009), onde a carne de novilhas apresentou maior concentração de ácido oleico em comparação aos touros e não diferiram dos castrados.

Adicionalmente, Kazala et al. (1999) avaliaram a composição de AG do músculo de animais de cruzamentos da raça Wagyu e constataram elevado potencial para deposição de gordura intramuscular, em comparação a bovinos de corte de outras raças. Esses autores observaram no músculo *Longissimus* teor médio de C18:1 c9, de 42,58%. As fêmeas utilizadas neste trabalho também apresentaram maior concentração deste AG em comparação aos machos castrados, o que pode estar relacionado à maior atividade da enzima Δ^9 -dessaturase nas fêmeas, que, de acordo com Kazala et al. (1999), atuam na conversão dos ácidos mirístico, palmítico e esteárico em seus correspondentes ácidos monoinsaturados (n-9). Neste contexto, a carne das fêmeas bovinas apresentou, no presente estudo, um perfil monoinsaturado mais favorável à saúde humana, enquanto os machos NC apresentam perfil menos favorável e os CC e IM um perfil intermediário.

A carne das fêmeas também foi favorecida pela maior concentração do ácido linoleico conjugado (CLA), que foi de 0,42% em comparação com as demais CS (NC: 0,30%; CC: 0,30%; IM: 0,36%). O CLA é encontrado apenas em produtos de ruminantes e possui reconhecidos efeitos anticarcinogênicos, antiteratogênicos, antiaterosclerótico, antitrombótico, hipocolesterolêmico, imunoestimulatório. Ressalta-se a grande importância da síntese endógena de CLA, pela ação da enzima Δ^9 -dessaturase, atuando no aumento de massa muscular, reduzindo a gordura corporal e prevenindo diabetes em humanos (DANNENBERGER et al., 2004). De acordo com Sanhueza et al. (2002), para se obter efeitos biológicos, um ser humano médio precisaria consumir aproximadamente 5g de CLA por dia. Além disso, em média, uma única porção de quase 100g de carne bovina de animais criados a pasto fornece 1,23 gramas de CLA, 25% do requerimento diário para que se tenha

um efeito biológico (MER et al., 1999). Ao contrário, a carne bovina de animais confinados fornece 0,48 gramas em 100 gramas de carne, fornecendo 9,6% do CLA necessário para efeitos fisiológicos positivos (FRENCH et al., 2000).

Por outro lado, divergindo dos resultados encontrados neste estudo, Fernandes et al. (2009) não encontraram diferença entre bovinos NC, castrados e fêmeas para a concentração de CLA. Entretanto, De La Torre et al. (2006) relataram que fatores intrínsecos aos animais, como sexo, raça e idade podem influenciar a porcentagem de CLA na carne de ruminantes.

Observou-se que o aumento na concentração de CLA na carne dos bovinos do presente estudo provavelmente está relacionado à inclusão de farelo de girassol na dieta dos animais, que tem grande concentração de ácido linoleico. Possivelmente a adição deste ingrediente na dieta aumentou a síntese de CLA, como produto intermediário da hidrogenação do ácido linoleico, provavelmente promovido pelas bactérias ruminais, especialmente a espécie *Butyrivibrio fibrisolvens*, uma vez que o ambiente ruminal é propício para seu crescimento (FRENCH et al., 2000; MIR et al., 2003). Esse processo ocorreria a partir do ácido vacênico (C18:1 trans11), produto intermediário formado durante o processo de biohidrogenação ruminal do ácido linoleico.

Os teores de AGPI, n6, relação AGPI/AGS e relação n6/n3 foram superiores nas carnes dos animais NC (9,76%, 8,36%, 0,22%, 4,83%, respectivamente), em comparação às demais CS ($P < 0,01$). A alta concentração de AGPI na carne dos NC se deu em função da alta concentração do AG 18:2 n6 cis (Ácido linoleico) no grupo dos n6 e o AG 20:3 n3 cis (ácido eicosatrienoico) presente no grupo n3.

A concentração mais alta de AGPI e baixa de AGMI foi observada por Marmer et al. (1984), ao compararem a carne de bovinos NC com castrados, que descreveram que baixo conteúdo de gordura (como foi encontrado nos NC no presente estudo) está associado com adipócitos em menor quantidade e menor tamanho, contendo menos triacilgliceróis, que é acompanhado por um aumento relativo na proporção de fosfolípídeos nos lipídeos totais e um aumento no conteúdo de AGPI. Ainda, os adipócitos subcutâneos de fêmeas são maiores que dos machos NC (EGUINOA et al., 2003). Além disso, os adipócitos contêm menos fosfolípídeos de membrana associados, portanto, estes fatores poderiam explicar a baixa proporção de AGPI na carne das fêmeas observada no presente estudo.

Adicionalmente, a carne dos animais NC apresentou uma concentração mais alta de $n6$ do que as demais CS, e este valor afetou a relação $n6/n3$, que também foi maior nesta categoria. De acordo com Wood et al. (2003), a relação de $n6/n3$ recomendada na dieta é de 4,0 ou menos, porque a alta ingestão de AG $n6$ na alimentação humana promove o desenvolvimento de doenças cardiovasculares (WOOD et al., 2003), distúrbios anti-inflamatórios e cânceres (HORROBIN et al., 2002). Neste sentido, a carne dos NC apresentou uma relação $n6/n3$ levemente acima do recomendado (4,83), enquanto a carne das F, os IM e CC apresentaram uma relação mais favorável à saúde humana. (CC: 3,35; IM: 3,69; F: 3,05).

A relação de AGPI/AGS recomendada na dieta deve ser maior que 0,4 (WOOD et al., 2003), porque os AGPI trazem benefícios nutricionais à saúde humana, desempenhando papel importante na prevenção de doenças cardiovasculares, doenças inflamatórias, desenvolvimento neural, trombose, câncer e melhora na imunidade (LOPEZ-HUERTAS, 2010). No entanto, nenhuma das CS apresentou esta relação. Entretanto, de acordo com Wood et al. (2003), muitas carnes possuem naturalmente a relação AGPI/AGS de aproximadamente 0,1.

De acordo com Wood et al. (2008), a composição de AG do tecido adiposo e muscular em animais produtores de carne é afetada por inúmeros fatores, incluindo dieta, conteúdo total de gordura, raça, genótipo, idade e condição sexual. Entretanto, Bartoñ et al. (2011), atribuíram esta diferença na composição de AG da carne, na maior parte, ao efeito do sexo do animal. A composição de AG dos tecidos entre machos e fêmeas criados em condições semelhantes tem sido diretamente comparada nos estudos. No entanto, para De Smet et al. (2004) e Wood et al. (2008), as diferenças da CS no conteúdo de AG podem ser explicadas pelo grau de gordura intramuscular, associado às mudanças na proporção triacilgliceróis/fosfolipídeos (alta proporção de fosfolipídeos de membrana - elevados em AGPI; e uma baixa proporção de triacilgliceróis - elevados em AGS e AGMI).

Como observado no presente estudo, Karolyi et al. (2009) encontraram baixas proporções de AGMI e altas proporções de AGPI na carne de bovinos NC Simental, quando comparadas às fêmeas. O resultado foi atribuído à diluição dos fosfolipídeos de membrana com o aumento dos triacilgliceróis. Estas diferenças também foram observadas entre machos NC e F de uma raça nativa chinesa, onde um possível efeito de hormônios sexuais no sistema enzimático afetando o metabolismo de lipídeos foi sugerido (ZHANG et al., 2010).

A carne das fêmeas e dos machos CC apresentou um perfil de AG similar e não foram diferentes, além de ambos apresentarem maior escore de gordura intramuscular e maior concentração de C18:1 (ácido oleico) do que as demais CS. O ácido oleico aumenta a concentração de colesterol-HDL e diminui o colesterol-LDL no sangue de humanos (KATAN et al., 1994). Kwiterovich (1997) demonstrou que existe uma forte relação entre o nível de colesterol-LDL com doenças cardiovasculares em humanos e o colesterol-HDL possui uma relação inversa ao risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares. No entanto, a produção de carne com elevado teor de ácido oleico poderia resultar em um impacto positivo na saúde humana. Neste sentido, no presente estudo, a composição de AG da carne das fêmeas e animais castrados é mais adequada para a alimentação humana que a de machos NC.

7 CONCLUSÕES

Os bovinos não castrados são mais eficientes quanto ao desempenho em confinamento, pois apresentam maior peso vivo final e maiores ganhos diários de peso quando comparados aos bovinos castrados cirurgicamente, imunocastrados e as fêmeas, além de apresentarem maiores área de olho de lombo e peso de carcaça.

As fêmeas apresentam maior deposição de gordura na carcaça e melhores escores de gordura intramuscular, assim como os machos castrados cirurgicamente, todavia, a frequência de carnes classificadas na categoria de marmorização *Prime* é mais alta em machos castrados cirurgicamente do que nas fêmeas.

A condição sexual e o período de maturação influenciam os valores de força de cisalhamento do m. *Longissimus* de bovinos Angus x Nelore terminados em confinamento. A maturação favorece a maciez da carne, em função da condição sexual.

De acordo com os resultados encontrados na análise sensorial, as carnes dos bovinos imunocastrados, castrados cirurgicamente e das fêmeas são mais suculentas, com melhor sabor e apresentam maior aceitabilidade pelos consumidores do que a carne dos bovinos não castrados. Em relação à maciez, as carnes dos bovinos castrados são mais macias que as demais condições sexuais e o aroma das carnes dos castrados cirurgicamente e das fêmeas é considerado melhor pelos consumidores.

O perfil de ácidos graxos da carne das fêmeas é considerado mais saudável à saúde humana, pois apresenta menor concentração de AGs do grupo n6 e do ácido mirístico, considerados prejudiciais à saúde humana, além da maior concentração de CLA, de AGMI e do ácido oleico. A carne dos machos não castrados apresenta um perfil de AGs menos favorável à saúde humana, por apresentar altos teores de AGs do grupo n6.

8 IMPLICAÇÕES

Em relação ao desempenho, os machos não castrados apresentam melhores resultados em comparação com machos castrados cirurgicamente, imunocastrados e fêmeas. Neste sentido, se a intenção do pecuarista é produzir animais que tenham um maior peso de carcaça, sem se preocupar com características de qualidade, como deposição de gordura subcutânea e intramuscular, estresse pré-abate, entre outras, e caso o produtor não receba do frigorífico a bonificação por qualidade, a fim de atender a um determinado nicho de mercado, a sugestão é que não se produza animais castrados, submetidos a castração cirúrgica ou imunológica, bem como não use fêmeas para produção desta carne.

Em contrapartida, quando se pensa em obter melhorias nas características da carcaça e na qualidade da carne, a produção de carcaças que resultem em grau de marmorização *prime* e obter premiação, a alternativa é que se produzam bovinos castrados pelo método cirúrgico, respeitando-se, no entanto, os princípios de bem-estar animal, visto que neste estudo, bovinos castrados cirurgicamente produzem carne com altos teores de gordura intramuscular.

No entanto, a imunocastração pode ser uma alternativa à castração cirúrgica, pois promove melhorias na qualidade da carne e confere maior bem-estar e sanidade ao rebanho quando comparado ao período pós-cirúrgico da castração convencional. Entretanto, os custos financeiros com as vacinas devem ser levados em consideração, pois ressalta-se que a técnica convencional de castração cirúrgica também apresenta o mesmo efeito.

Adicionalmente, é importante salientar que quando se deseja a obtenção de carne macia, sem a utilização de maturação pós-morte, e com isso diminuir custos às empresas processadoras de carne, a produção de machos CC e IM atende esta demanda. No entanto, se a carne for proveniente de fêmeas cruzadas, indica-se a maturação da carne por 7 dias, para obtenção de maciez aceitável e 14 dias quando se utilizam com machos NC.

Neste contexto, o uso de bovinos jovens, cruzados Angus x Nelore nas condições sexuais imunocastrados, castrados cirurgicamente e fêmeas pode ser uma alternativa viável para melhorar a deposição de gordura subcutânea na carcaça, o escore de gordura intramuscular, a cor da carne e as características sensoriais do produto, aumentando o grau de qualidade da carne em relação aos bovinos não castrados, atendendo assim a demanda de consumidores que procuram por um produto de melhor qualidade.

REFERÊNCIAS

- ABERLE, E. D. et al. **Principles of meat science**. 4. ed. Kendal: Hunt Publishing Company, 2001. 354 p.
- ABULARACH, M. L.; ROCHA, C. E.; FELICIO, P. E. Características de qualidade do contra-filé (m. *L. dorsi*) de touros jovens da raça Nelore. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 205-210, 1998.
- ADAMS, T. E.; ADAMS, B. M. Feedlot performance of steers and bulls actively immunized against gonadotropin-releasing hormone. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p. 1691-1698, 1992.
- ADAMS, T. E. et al. Testis function and feedlot performance of bulls actively immunized against gonadotropin-releasing hormone: effect of age at immunization. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 950-954, 1996.
- ADAMS, T. E. et al. Testis function and feedlot performance of bulls actively immunized against gonadotropin-releasing hormone: effect of implants containing progesterone and estradiol benzoate. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 811-817, 1993.
- AÏSSAT, D. et al. Endocrine, growth, and carcass characteristics of bulls immunized against luteinizing hormone-releasing hormone fusion proteins. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 2209-2213, 2002.
- AMATAYAKUL-CHANTLER, S. et al. Brown Swiss bulls in a feedlot with the *Bos indicus* immunocastration of gonadotropin-releasing hormone vaccine Bopriva provides improved performance and meat quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, p. 3718-3728, 2012.
- AMATAYAKUL-CHANTLER, S. et al. Effects on performance and carcass and meat quality attributes following immunocastration with the gonadotropin releasing factor vaccine Bopriva or surgical castration of *Bos indicus* bulls raised on pasture in Brazil. **Meat Science**, Amsterdam, v. 95, p. 78-84, 2013.
- AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (AOCS). **AOCS Official Method Am 5-04**. 6.ed. URBANA. IL: AOAC, 2009.
- ANDRADE, P. M. M.; CARMO, M. G. T. Ácidos graxos n-3: um link entre eicosanóides, inflamação e imunidade. **Revista Mn-Metabólica**, Porto Alegre, v. 8, p. 135-43, 2006.
- ANDREO, N. et al. Influência da imunocastração (Bopriva®) no ganho de peso, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, p. 4121-4132, 2013.
- BARTOÑ, L. et al. Effect of sex and age on bovine muscle and adipose fatty acid composition and stearoyl-CoA desaturase mRNA expression. **Meat Science**, Amsterdam, v. 89, p. 444-450, 2011.
- BAUMAN, D. E. et al. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. **Proceedings of the American Society of Animal Science**, Savoy, p. 1-15, 1999.

BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. **New concepts of cattle growth**. Sydney: Sydney University Press, 1976. 240 p.

BIANCHINI, W. et al. Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da carne fresca e maturada de bovinos superprecoces. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 2109-2177, 2007.

BONNEAU, M.; ENRIGHT, W. J. Immunocastration in cattle and pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 42, p. 193-200, 1995.

BOWLING, R. A. et al. Comparison of forage-finished and grain-finished carcasses. **Journal of Animal Science**, Champaign v. 45, p. 209-215, 1977.

BRAGA, F. A. Imunocastração - benefícios no controle do comportamento e na qualidade de carcaça – Bopriva, 2012. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/BeefPoint/pfizer-bopriva>> Acesso em: 13 ago. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007. 154 p.

BRETSCHNEIDER, G. Effects of age and method of castration on performance and stress response of beef male cattle: A review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 97, p. 89-100, 2005.

CALDER, P. C. et al. Inflammatory disease processes and interactions with nutrition. **The British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 101, p. 1-45, 2009.

CALDER, P. n-3 Polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 83, p. 1505S-19S, 2006.

CALKINS, C. R.; HODGEN, J. M. A fresh look at meat flavor. **Meat Science**, Amsterdam, v. 77, p. 63-80, 2007.

CARPENTER, J. W. et al. Slaughter and carcass characteristics of Brahman and Brahman-Shorthorn crossbred steers. **Journal of Animal Science**, Champaign v. 20, p. 336-340, 1961.

CHAMBERS, E.; BOWERS, J. R. Consumer perception of sensory qualities in muscle foods. **Food Technology**, Chicago, v. 47, p. 116-120, 1993.

CHOAT, W. T. et al. The effects of cattle sex on carcass characteristics and *longissimus* muscle characteristics. **Journal of Animal Science**, Champaign v. 84, p. 1820-1826, 2006.

CHOI, B. H. et al. Effects of feeding patterns and sexes on growth rate, carcass trait and grade in Korean native cattle. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 15, p. 838- 843, 2002.

CLEMENS, E. et al. Fatty acid composition of bulls and steers as influenced by age and dietary energy level. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 37, p. 1326-1331, 1973.

COOK, M. E. et al. Immune modulation by altered nutrient metabolism: Nutritional control of immune induced growth depression. **Poultry Science**, Cary, v. 72, p. 1301-1305, 2003.

COOK, R. B. et al. The effects of active immunization against GnRH on testicular

development, feedlot performance, and carcass characteristics of beef bulls. **Journal of Animal Science**, Champaign v. 78, p. 2778-2783, 2000.

COSTA, C. et al. Efeito da castração sobre a qualidade da carne de bovinos superprecoces. **Veterinária e Zootecnia**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 115-123, 2007.

COUTINHO FILHO, J. L. V.; PIRES, R. M.; JUSTO, C. L. Produção de carne de bovinos contemporâneos, machos e fêmeas, terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 2043-2049, 2006.

CROUSE, J. D. et al. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos Taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. **Beef Research Program Progress Report**, Nebraska, n. 4, p. 125-127, 1993.

CROUSE, J. D. et al. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. **Journal of Animal Science**, Champaign v. 67, p. 2661-2668, 1989.

CUNDIFF, L. V. Beef cattle: breeds and genetics. In: POND, W.; BELL, G. **Encyclopedia of animal science**. Ithaca, NY, 2004.

DANNENBERGER, D. et al. Effect of diet on the deposition of n-3 fatty acids, conjugated linoleic and C18:1 trans fatty acid isomers in muscle lipids of German Holstein bulls. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 52, n. 21, p. 6607-6615, 2004.

DASHDORJ, D.; AMNA, T.; HWANG, I. Influence of specific taste-active components on meat flavor as affected by intrinsic and extrinsic factors: an overview. **European Food Research and Technology**, Heidelberg, v. 241, n. 2, p. 157-171, 2015.

DAYTON, W. R.; WHITE, M. E. Cellular and molecular regulation of muscle growth and development in meat animals. **Journal of Animal Science**, Champaign v. 86, p. E217-E225, 2008.

DE LA TORRE, A. et al. Factors influencing proportion and composition of CLA in beef. **Meat Science**, Amsterdam, v. 73, n. 2, p. 258-268, 2006.

DE SMET, S.; RAES, K.; DEMEYER, D. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. **Animal Research**, Les Ulis, v. 53, p. 81-98, 2004.

DESTEFANIS, G. et al. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner–Bratzler shear force. **Meat Science**, Amsterdam v. 78, n. 3, p. 153-156, 2008.

DIKEMAN, M. E. et al. *Longissimus* muscle quality, palatability and connective tissue histological characteristics of bulls and steers fed different energy levels and slaughtered at four ages. **Journal of Animal Science**, Champaign v. 63, p. 92-101, 1986.

DIKEMAN, M. E.; KEMP, K. E.; CROUSE, J. D. Composition and meat sensory evaluation characteristics of carcasses in the five USDA yield grades, five fatness categories, and five marbling categories (Abstr.). **Journal of Animal Science**, Champaign v. 49, suppl. I, p. 217, 1979.

DUGAN, M. E. R. et al. The effects of feeding conjugated linoleic acid on subsequent port quality. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 79, p. 45-51, 1999.

EGUINOA, P. et al. Lipogenic enzyme activities in different adipose depots of Pirenaican and Holstein bulls and heifers taking into account adipocyte size. **Journal of Animal Science**, Champaign v. 81, p. 432-440, 2003.

ESCOBAR, N. Carne certificada. [Editorial]. *Pecuária Brasil*, v.2, n.1, p.18-20, ago./set., 2014.

EUCLIDES FILHO, K. et al. Efeito de idade à castração e de grupos genéticos sobre o desempenho em confinamento e características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.71-76, 2001.

FEIJÓ, G. L. D. Castração de bovinos de corte: a decisão é do produtor. **Embrapa Gado de Corte Divulga**, Campo Grande, n. 22, 1997. 4 p.

FERNANDES, A. R. M. et al. Características da carcaça e da carne de bovinos sob diferentes dietas, em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 1, p. 139-147, 2008.

FERNANDES, A. R. M. et al. Composição química e perfil de ácidos graxos da carne de bovinos de diferentes condições sexuais recebendo silagem de milho e concentrado ou cana-de-açúcar e concentrado contendo grãos de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 705-712, 2009.

FERRAZ, J. B.; FELICIO, P. E. Production systems: an example from Brazil. **Meat Science**, Amsterdam, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Programas e resumos...** São Carlos, SP: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FLECK, A. T.; SCHALLES, R. R.; KIRACOFÉ, G. H. Effect of growth rate thought 30 months on reproductive performance of beef heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign v. 51, n. 4, p. 816-821, 1980.

FLOREK, M.; LITWINCZUK, Z. The quality of meat from carcasses of young bulls and heifers classified according to the EUROP system. **Animal Science Papers and Reports**, Wolka Kosowska, v. 20, p. 169-178, 2002.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 226, p. 497-509, 1957.

FORREST, J. C. et al. **Principles of meat science**. San Francisco: Freeman, 1975. 417 p.

FRANCO, M. Mais luz sobre a carne escura. **DBO**, São Paulo, v. 33, n. 405, p. 50-58, 2014.

FREITAS, A. K. **Características da carcaça, da carne e perfil dos ácidos graxos de novilhos Nelore inteiros ou castrados em duas idades**. 2006. 68 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

FRENCH, P. et al. Fatty acid composition of intra-muscular triacylglycerols of steers fed autumn grass and concentrates. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 81, p. 307-317, 2003.

FRENCH, P. et al. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage or concentrate-based diets. **Journal of Animal Science**, Champaign v. 78, n. 11, p. 2849-2855, 2000.

GAGAOUA, M. et al. Understanding early post-mortem biochemical processes underlying meat color and pH decline in the *Longissimus thoracis* muscle of young blond d'Aquitaine bulls using protein biomarkers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 63, n. 30, p. 6799-809, 2015.

GARÓFOLO, A.; PETRILLI, A. S. Balanço entre ácidos graxos ômega-3 e 6 na resposta inflamatória em pacientes com câncer e caquexia. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, p. 611-621, 2006.

GEORGE, M. H. Managing cattle feeding programs for marbling. In: MARBLING SYMPOSIUM, 2001. **Proceedings...** Armidale: CRC for Cattle and Beef Quality, 2001. Disponível em: <<http://www.beef.crc.org.au/document/s/HeatherBurrow.pdf>> Acesso em: 23 jul. 2016.

GIUSTI, J. et al. Expression of genes related to quality of *Longissimus dorsi* muscle meat in nellore (*Bos indicus*) and canchim (5/8 *Bos taurus* × 3/8 *Bos indicus*) cattle. **Meat Science**, Amsterdam, v. 94, n. 2, p. 247-252, 2013.

GÓMEZ, J. F. M. **Efeito da condição sexual sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de *Bos indicus* (Nelore) confinados**. 2016. 67 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

GORRAIZ C. et al. Effect of aging time on volatile compounds, odor, and flavor of cooked beef from pirenaica and Friesian bulls and heifers. **Journal of Food Science**, Hoboken, v. 67, p. 916-922, 2002.

GRANDIN, T. Problems with bruises and dark cutters in harvest steers/heifers. In: **Improving the consistency and competitiveness of Beef: a blueprint for total quality management in the fed-beef industry: the final report of the national beef quality audit: 1991**. Fort Collins; Texas A&M University, College Station, 1992.

HEATON, K.; ZOBELL, D. R.; CORNFORTH, D. A successful collaborative research project: determining the effects of delayed castration on beef cattle production and carcass traits and consumer acceptability. **Journal of Extension**, Blacksburg, v. 44, p. 1-6, 2006.

HEDRICK, H. B. et al. Etiology of dark-cutting beef. Research Bulletin 717. University MO, **Agric. Exp. Stn.**, Columbia, 1959.

HEINEMANN, R. J. B.; PINTO, M. F. Efeito da injeção de diferentes concentrações de cloreto de cálcio na textura e aceitabilidade de carne bovina maturada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 146-150, 2003.

HEINEMANN, R. J. B.; PINTO, M. F.; ROMANELLI, P. F. Fatores que influenciam a textura da carne de novilhos Nelore e cruzados Limousin x Nelore. **Pesquisa Agropecuária**

Brasileira, Brasília, v. 38, n. 8, p. 963-971, 2003.

HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, Amsterdam, Amsterdam, v. 49, p. 447-457, 1998.

HORROBIN, D. F. et al. Eicosapentaenoic acid and arachidonic acid: collaboration and not antagonism is the key to biological understanding. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, London, v. 66, n. 1, p. 83-90, 2002.

HOUBEN, J. H. et al. Effect of dietary vitamin E supplementation, fat level and packaging on colour stability and lipid oxidation in minced beef. **Meat Science**, Amsterdam v. 55, p. 331-336, 2000.

HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S.M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. **Meat Science**, Amsterdam v. 71, p. 194-204, 2005.

HUFFMAN, R. D. et al. Effects of percentage Brahman and Angus breeding, age-season of feeding and slaughter end point on feedlot performance and carcass characteristics. **Journal of Animal Science**, Champaign v. 68, p. 2243-2252, 1990.

HUXSOLL, C. C.; PRICE, E. O.; ADAMS, T. E. Testis function, carcass traits, and aggressive behavior of beef bulls actively immunized against gonadotropin- releasing hormone. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 1760-1766, 1998.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística, **2016**. [online] Disponível na internet via WWW URL: <http://www.ibge.gov.br/home/default.php>. Arquivo consultado em 20 de out. 2016.

IBRAHIM, R. M. et al. Effect of two dietary concentrate levels on tenderness, calpain and calpastatin activities, and carcass merit in Waguli and Brahman steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 1426-1433, 2008.

JANETT, F. et al. Vaccination against gonadotropin-releasing factor (GnRF) with Bopriva significantly decreases testicular development, serum testosterone levels and physical activity in pubertal bulls. **Theriogenology**, Philadelphia, v. 78, p. 182-188, 2012.

JEFFERY, M. et al. Live weight gains and carcass and meat characteristics of entire, surgically spayed or immunologically spayed beef heifers. **Animal Production Science**, Clayton, v. 37, p. 719-726, 1997.

JIANG, T. et al. The influence of forage diets and aging on beef palatability. **Meat Science**, Amsterdam, v. 86, p. 642-650, 2010.

JOHNSON, D. D.; HUFFMAN, R. D.; WILLIAMS, S. E. Effects of percentage Brahman and Angus breeding, age-season of feeding and slaughter end point on meat palatability and muscle characteristics. **Journal of Animal Science**, Champaign v. 68, n. 7, p. 1980-1986, 1990.

KAROLYI, D. et al. Fatty acid composition of muscle and adipose tissue of beef cattle. **Italian Journal of Animal Science**, Bologna, v. 8, p. 264-266, 2009.

KATAN, M. B.; ZOCK, P. L.; MENSINK, R. P. Effects of fats and fatty acid on blood lipids

in humans: an overview. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 60, suppl. 1, p.1017-1022, 1994.

KAZALA, E. C. et al. Relationship of fatty acid composition to intramuscular fat content in beef from crossbreed Wagyu cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 7, p. 1717-1725, 1999.

KING, D. A. et al. Carcass merit between and among family groups of *Bos indicus* crossbred steers and heifers. **Meat Science**, Amsterdam, v. 72, p. 496-502, 2006.

KOLB, E. **Fisiologia veterinária**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1987. 612 p.

KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening tenderization process of meat. **Meat Science**, Amsterdam, v. 43, p. S193-S201, 1996.

KOOHMARAIE, M. Inhibition of postmortem tenderization in ovine carcass through infusion of zinc. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 5, p. 1476-1483, 1990.

KOOHMARAIE, M. Role of the neutral proteinases in postmortem muscle protein degradation and meat tenderness. In: RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 45., 1992, Knoxville. **Proceedings...** Knoxville: American Meat Science Association, 1992. p. 63-71.

KRAMER, J. K. G.; FELLNER, V.; DUGAN, M. E. R. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. **Lipids**, Heidelberg, v. 32, p. 1219-1228, 1997.

KUBER, P. S. et al. Effects of biological type and dietary fat treatment on factors associated with tenderness: II. Measurements on beef semitendinosus muscle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 779-784, 2004.

KWITEROVICH, P. O. The effect of dietary fat, antioxidants, and pro-oxidants on blood lipids, lipoproteins, and atherosclerosis. **Journal of the American Dietetic Association**, New York, v. 97, p. 31-41, 1997. Suplemento.

LAAKSONEN, D. E. et al. Prediction of cardiovascular mortality in middle-aged men by dietary and serum linoleic and polyunsaturated fatty acids. **Archives of Internal Medicine**, Chicago, v. 165, p. 193-199, 2005.

LAGE, J. F. et al. Influence of genetic type and level of concentrate in the finishing diet on carcass and meat quality traits in beef heifers. **Meat Science**, Amsterdam, v. 90, p. 770-774, 2012.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384 p.

LAWRIE, R. A. **Ciência de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1970. 342 p.

LEE, C. Y. et al. Growth and hormonal response of intact and castrate male cattle to trenbolone acetate and estradiol. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 2682-2689, 1990.

LEE, D. H. Methods for genetic parameter estimations of carcass weight, *Longissimus* muscle area and marbling score in Korean cattle. **Journal of Animal Science and Technology**, London, v. 46, p. 509-516, 2004.

- LEE, M. R. et al. A comparison between red clover silage and grass silage feeding on fatty acid composition, meat stability and sensory quality of the M. *Longissimus* muscle of dairy cull cows. **Meat Science**, Amsterdam, v. 81, p. 738-744, 2009.
- LENGYEL, Z. et al. Fatty acid composition of intramuscular lipids in various muscles of Holstein-Friesian bulls slaughtered at different ages. **Meat Science**, Amsterdam, v. 65, p. 593-598, 2003.
- LIMA, D. M. J. et al. Alguns aspectos qualitativos da carne bovina: uma revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 5, n. 4, p. 351-358, 2011.
- LIMA, I. A. et al. Condição corporal e características de carcaça de vacas de descarte na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 637-646, 2004.
- LOCHNER, J. V.; KAUFFMAN, R. G.; MARSH, B. B. Early postmortem cooling rate and beef tenderness. **Meat Science**, Amsterdam v. 4, p. 227-241, 1980.
- LOPEZ-HUERTAS, E. Health effects of oleic acid and long chain omega-3 fatty acids (EPA and DHA) enriched milks: A review of intervention studies. **Pharmacological Research**, London, v. 61, n. 3, p. 200-207, 2010.
- LUCHIARI FILHO, A. **A pecuária da carne bovina**. São Paulo: A. Luchiari Filho, 2000. 134 p.
- LUCIANO, F. B. The impacts of lean red meat consumption on human health: a review. **CyTA Journal of Food**, Abingdon, v. 7, p. 143-151, 2009.
- LUU, N. T. et al. Dietary supplementation with fish oil modifies the ability of human monocytes to induce an inflammatory response. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 137, p. 2769-74, 2007.
- MAGGIONI, D. et al. Animal performance and meat quality of crossbred young bulls. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 127, p. 176-182, 2010.
- MALAU-ADULI, A. E. O. et al. Breed comparison of muscle phospholipids in Jersey and limousine cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 3, p. 766-773, 1998.
- MANDELL, I. B. et al. Effects of fishmeal in beef cattle diets on growth performance, carcass characteristics, and fatty acid composition of *longissimus* muscle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 910-919, 1997.
- MANDELL, I. B.; BUCHANAN-SMITH, J. G.; CAMPBELL, C. P. Effects of forage vs grain feeding on carcass characteristics, fatty acid composition, and beef quality in Limousin-cross steers when time on feed is controlled. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 2619-2630, 1998.
- MARCONDES, M. I. et al. Consumo e desempenho de animais alimentados individualmente ou em grupo e características de carcaça de animais Nelore de três classes sexuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 12, p. 2243-2250, 2008.
- MARMER, W. N.; MAXWELL, R. J.; WILLIAMS, J. E. Effects of dietary regimen and tissue site on bovine fatty acid profiles. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 59, n. 1, p. 109-121, 1984.

- MARQUES, A. C.; VALENTE, T. B.; ROSA, C. S. Formação de toxinas durante o processamento de alimentos e as possíveis consequências para o organismo humano. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 22, p. 283-93, 2009.
- MARQUES, J. A. et al. Características físico-químicas da carcaça e da carne de novilhas submetidas ao anestro cirúrgico ou mecânico terminadas em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1514-1522, 2006.
- MATHONIERE, C. L. et al. Meat texture characterisation: comparison of chewing patterns, sensory and mechanical measures. **Journal of Texture Studies**, Hoboken, v. 31, p. 183-203, 2000.
- MCKEITH, R. O. et al. Mitochondrial abundance and efficiency contribute to lean color of dark cutting beef. **Meat Science**, Amsterdam, v. 116, p. 165-173, 2016.
- MCKENNA, D. R. et al. National Beef Quality Audit–2000: survey of targeted cattle and carcass characteristics related to quality, quantity, and value of fed steers and heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 1212-1222, 2002.
- MEAT EVALUATION HANDBOOK. Champaign, Illinois: American Meat Science Association, 2013. 160 p.
- MEDEIROS, S. R. Modulação do perfil lipídico de bovinos: implicações na produção e aceitação da carne. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE E LEITE, 5., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: CBNA, 2003. p. 43-72.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 1999.
- MELTON, S. L. et al. Flavor and chemical characteristics of ground beef from grass-, forage-grain and grain-finished steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 55, n. 1, p. 77-87, 1982.
- MERKEL, R. A.; PEARSON, A. M. Slow chilling could produce tender beef from lean carcasses. **Meat Industry Digest**, Kilburn, v. 21, p. 27, 1975.
- MIGUEL, G. Z. et al. Immunocastration improves carcass traits and beef color attributes in Nellore and Nellore × Aberdeen Angus crossbred animals finished in feedlot. **Meat Science**, Amsterdam, v. 96, p. 884-891, 2014.
- MILLEN, D. D. et al. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 10, p. 3427-3439, 2009.
- MILLEN, D. D. et al. Current outlook and future perspectives of beef production in Brazil. **Animal Frontiers**, Champaign, v. 1, n. 2, p. 46-52, 2011.
- MILLER, M. **Dark, firm and dry beef**. National Cattlemen's Beef Association, on behalf of The Beef Checkoff Program. U.S.A.: Centennial, CO, 2007.
- MILLER, M. F. et al. Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, p. 3062-3068, 2001.

- MILLER, R. K. Sensory methods to evaluate muscle foods. In: KINSMAN, D. M.; KOTULA, A. W.; BREIDENSTEIN, B. C. (Ed.). **Muscle foods: meat, poultry and seafood technology**. New York: Chapman & Hall, 1994. cap. 12, p. 333-360.
- MIR, P. S. et al. Dietary manipulation to increase conjugated linoleic acids and other desirable fatty acids in beef: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, n. 4, p. 673-685, 2003.
- MOORE, M. C. et al. National Beef Quality Audit– 2011: in-plant survey of targeted carcass characteristics related to quality, quantity, value, and marketing of fed steers and heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, p. 5143-5151, 2012.
- MOREIRA, F. B. et al. Evaluation of carcass characteristics and meat chemical composition of *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* crossbred steers finished in pasture systems. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 46, n. 4, p. 609-616, 2003.
- MORGAN, J. B. et al. Effect of castration on myofibrillar protein turnover, endogenous proteinase activities, and muscle growth in bovine skeletal muscle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 2, p. 408-414, 1993.
- MOURA, A. C.; LUCHIARI FILHO, A. Castração. **Pecuária de Corte**, São Paulo, v. 6, n. 56, p. 45-47, 1996.
- MUCHENJE, V. et al. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 112, p. 279-289, 2009.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL -NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. ed. Washington, D.C.: NRC, 1996. 242 p.
- NORDIC COUNCIL OF MINISTERS. Nordic nutrition recommendations. **Scandinavian Journal of Nutrition**, Jaerfaella, v. 40, p. 161-5, 1996.
- NORTHCUTT, K. **Factors affecting poultry meat quality**. Athens: The University of Georgia, 1997. 7 p.
- O'BRIEN, C. A.; BLOSS, R. E.; NICKS, E. F. Effects of melengestrol acetate on the growth and reproductive physiology of fattening heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 27, p. 3664-670, 1968.
- O'CONNOR, S. F. et al. Genetic effects on beef tenderness in *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 1822-1830, 1997.
- ÖHLUND, I. et al. Dietary fat in infancy should be more focussed on quality than on quantity. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 62, p. 1058-1054, 2007.
- OKA, A. et al. Genetic effects on fatty acid composition of carcass fat of Japanese Black Wagyu steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 1005-1011, 2002.
- OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Levantamento sobre as recomendações nutricionais e práticas de manejo adotadas por nutricionistas de bovinos confinados no Brasil: Informações gerais e adaptação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 7, p. 3, 2011.
- OLIVEIRA, V. A.; SILVEIRA, A. C.; PEDRA, A. **Comunicação pessoal**. 2006.

OWENS, F. N. et al. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n.10, p.3152-3172, 1995.

PACHECO, P. S. et al. Composição física da carcaça e qualidade da carne de novilhos jovens e superjovens de diferentes grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1691-1703, 2005.

PÁDUA, J. T. et al. Efeito de métodos de castração e do uso de vermífugos sobre o ganho em peso de bovinos mestiços leiteiros. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 4, n. 1, p. 33-43, 2003.

PÁDUA, J. T. et al. Genótipo e condição sexual no desempenho e nas características de carcaça de bovinos de corte super jovens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 2330-2342, 2004. Suplemento 3.

PAULINO, P. V. R. et al. Desempenho produtivo de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais alimentados com dietas contendo dois níveis de oferta de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1079-1089, 2008.

PEACOCK, F. M. et al. Breed and heterosis effects on carcass characteristics of Angus, Brahman, Charolais and crossbred steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 49, p. 391-395, 1979.

PEREIRA, P. M. R. C. et al. Características de carcaça e qualidade de carne de novilhos superprecoces de três grupos genéticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 4, n. 11, p. 1520-1527, 2009.

PEREIRA, A. S. C. A Cadeia da carne bovina e sua relação com o consumidor, 2004. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/qualidade-da-carne/a-cadeia-da-carne-bovina-e-sua-relacao-com-o-consumidor-19723/>>. Acesso em: 16 de out. 2016.

PETHICK, D. W.; HARPER, G.; ODDY, H. Growth, development and nutritional manipulation of marbling in cattle. In: MARBLING SYMPOSIUM, 2001. **Proceedings...** 2001. Disponível em: <<http://www.beef.crc.org.au/documents/HeatherBurrow.pdf>> Acesso em: 23 jul. 2016.

PLATTER, W. J. et al. Relationships of consumer sensory ratings, marbling score, and shear force value to consumer acceptance of beef strip loin steaks. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 2741-2750, 2003.

PRADO, I. N. et al. Carcass characteristics, chemical composition and fatty acid profile of the *Longissimus* muscle of bulls (*Bos taurus indicus* vs. *Bos taurus taurus*) finished in pasture systems. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, Seoul, v. 21, p. 1449-1457, 2008a.

PRADO, I. N. et al. The influence of dietary soybean and linseed on the chemical composition and fatty acid profile of the *Longissimus* muscle of feedlot-finished bulls. **Journal of Animal and Feed Sciences**, Jablonna, v. 17, p. 307-317, 2008b.

PRADO, I. N. et al. Desempenho de novilhas alimentadas com rações contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte protéica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 278-287, 2000.

PRADO, I. N.; OLIVEIRA, A. N.; ROTTA, P. P. Chemical and fatty acid composition of

Longissimus muscle of crossbred bulls finished in feedlot. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, Seoul, v. 22, p. 1054-1059, 2009.

PRESTON, R. L. Management of high concentrate diets in feedlot. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO INTENSIVA DE GADO DE CORTE. Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1998. p. 82-89.

PRICE, E. O. et al. Aggressive behavior is reduced in bulls actively immunized against gonadotropin-releasing hormone. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 411-415, 2003.

PRINGLE, T. D. et al. Carcass characteristics, the calpain system, and aged tenderness of Angus and Brahman crossbred steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 11, p. 2955-2961, 1997.

PURCHAS, R. W.; BURNHAM, D. L.; MORRIS, S. T. Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef *longissimus* muscle from bulls and steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 3211-3221, 2002.

PURCHAS, R. W. Effect of sex and castration on growth and composition. In: PEARSON, A.J.; DUTSON, T. R. **Growth regulation in farm animals**: advances in meat research. 7. ed. London: Elsevier Applied Science, 1991. p. 203-254.

RAINER, L.; HEISS, C. J. Conjugated linoleic acid: health implications and effects on body composition. **Journal of the American Dietetic Association**, New York, v. 104, n. 6, p. 963-968. 2004.

RESTLE, J.; GRASSI, C.; FEIJÓ, G. L. D. Características das carcaças e da carne de bovinos inteiros ou submetidos a duas formas de castração em condições de pastagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.25, n.2, p.334-344, 1996.

RESTLE, J.; GRASSI, C.; FEIJÓ, G. L. D. Características de carcaça de bovinos de corte inteiros ou castrados em diferentes idades. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 10, p. 1603-1607, 1994.

RIBEIRO, E. L. et al. Growth and carcass characteristics of pasture fed LHRH immunocastrated, castrated and intact *Bos indicus* bulls. **Meat Science**, Amsterdam, v. 68, p. 285-290, 2004.

ROÇA, R. O. et al. Bopriva®: Its effect on meat and carcass quality in male cattle on pasture. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 57., 2011, Ghent. **Proceedings...** Ghent: BAMST, 2011a. 1 CD-ROM.

ROÇA, R. O. et al. Imunocastração de bovinos criados em pasto: composição centesimal e propriedades sensoriais da carne. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 38., 2011, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBMV, 2011a. 1 CD ROM.

ROÇA, R. O. et al. Imunocastração de bovinos criados em pasto: perfil de ácidos graxos da carne. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 38., 2011, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBMV, 2011b. 1 CD ROM.

ROÇA, R. O. et al. Imunocastration of male cattle on pasture and its effect on meat quality.

In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 12., 2011, Montevideo. **Proceedings...** Montevideo: ALPA, 2011c. 1 CD-ROM.

RULE, D. C.; MACNEIL, M. D.; SHORT, R. E. Influence of sire growth potential, time on feed, and growing-finishing strategy on cholesterol and fatty acids of ground carcass and Longissimus muscle of beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 6, p. 1525-1533, 1997.

SANHUEZA, J. C.; NIETO, S. K.; VELENZUELA, A. B. Ácido linoléico conjugado: un ácido graso con isomeria trans potencialmente beneficioso. **Revista Chilena de Nutrición**, Santiago, v. 29, n. 2, p. 717-751, 2002.

SAÑUDO, C. et al. Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. **Meat Science**, Amsterdam, v. 54, n. 4, p. 339-346, 2000.

SAÑUDO, C. Factors affecting carcass and meat quality in lambs. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. p. 434- 455.

SCHAEFER, E. J. Lipoproteins, nutrition, and heart disease. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 75, p. 191-212, 2002.

SCIENTIFIC REVIEW COMMITTEE. **Nutrition recommendations**. Ottawa: Canadian Government Publishing Centre, Supply and Services Canada, 1990.

SEIDEMAN, S. C. et al. Utilization of the intact male for red meat production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 55, n. 4, p. 826-840, 1982.

SHACKELFORD, S. D. et al. An evaluation of tenderness of the *longissimus* muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign v.69, p.171-177, 1991.

SHACKELFORD, S. D. et al. Effect of biological type of cattle on the incidence of the dark, firm, and dry condition in the *longissimus* muscle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 337-343, 1994.

SHARAF-ELDIN, I. M. A. et al. Characteristics of beef from intensively fed western Baggara bulls and heifers: quality attributes and chemical composition. **Iraqi Journal of Veterinary Sciences**, Mosul, v. 27, p. 45-48, 2013.

SHERBECK, J. A. et al. Feedlot performance, carcass traits, and palatability traits of Hereford and Hereford Brahman steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 12, p. 3613-3620, 1995.

SILVA, R. G. et al. Dietary effects on muscle fatty acid composition of finished heifers. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 95-101, 2002.

SINCLAIR, A. J. Dietary fat and cardiovascular disease: the significance of recent developments for the food industry. **Food Australia**, North Ryde, v. 45, p. 226, 1993.

SMITH, G.; GRIFIN, D.; JOHNSON, K. **Meat evaluation handbook**. 2. ed. Chicago, Illinois: American Meat Science Association, 2013. 160 p.

SMITH, G. C. Factors affecting the palatability of beef. In: FUTURE BEEF OPERATIONS SEMINAR, 2001. **Proceedings...** 2001. Disponível em: <<http://ansci.colostate.edu/ran/beef/index.html>> Acesso em: 6 jul. 2016.

SMITH, G. C. et al. Fatness, rate of chilling, and tenderness of lamb. **Journal of Food Science**, Hoboken, v. 41, p. 748-756, 1976.

STAINKI, D. R. **Orquiectomia**. Disponível em: <<http://pucrs.campus2.br/~stainki/CirurgiaI/orquiectomia%2006.pdf>> Acesso em: 7 jul. 2016.

SWENSON, M. J. **Fisiologia dos animais domésticos**. 10. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1988, 799 p.

TARRANT, P. V. Animal behaviour and environment in the dark-cutting condition. In: AUSTRALIAN WORKSHOP. AUSTRALIAN MEAT AND LIVESTOCK RESEARCH AND DEVELOPMENT CORP, 1989, Sydney South. **Proceedings...** Sydney South, 1989. p. 8-18.

TATUM, J. D.; GRUBER, S. L.; SCHNEIDER, B. A. **Pre-harvest factors affecting beef tenderness in heifers**. Executive summary prepared for the National Cattleman's Beef Association. 2007. Disponível em: <<http://www.beefresearch.org/executivesummaries.aspx>>. Acesso em: 30 maio 2014. 2007

TULLIO, R. R. et al. Meat quality from beef cattle of different genetic groups finished on feedlot or pasture. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 59., 2013, Izmir. **Proceedings...** Izmir: ICMST, 2013. 1 CD-ROM.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **Official United States standards for grades of carcass beef**: agricultural marketing service. Washington, D.C.: USDA, 1999.

VAZ, F. N. et al. Características de carcaça e da carne de novilhos filhos de vacas 1/2 Nelore 1/2 Charolês e 1/2 Charolês 1/2 Nelore acasaladas com touros Charolês ou Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1734-1743, 2002.

VAZ, F. N. et al. Efeito de raças e heterose na composição física da carcaça e qualidade da carne de novilhos da primeira geração de cruzamento entre Charolês e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 376-386, 2001. Suplemento.

VAZ, F. N. et al. Qualidade e composição química da carne de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos Charolês x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 518-525, 2001.

VAZ, F. N.; RESTLE, J. Aspectos qualitativos da carcaça e da carne de machos Hereford, inteiros ou castrados, abatidos aos quatorze meses. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1894-1901, 2000.

VENKATA REDDY, B. et al. Beef quality traits of heifer in comparison with steer, bull and cow at various feeding environments. **Animal Science Journal**, Richmond, v. 86, n. 1, p. 1-16, 2014.

VIEIRA, C. et al. Breed and ageing extend on carcass and meat quality of beef from adult steers (oxen). **Livestock Science**, Amsterdam, v. 107, p. 62-69, 2007.

- VOGES, K. L. et al. National beef tenderness survey 2006: assessment of Warner-Bratzler shear and sensory panel ratings for beef from US retail and foodservice establishments. **Meat Science**, Amsterdam, v. 77, p. 357-364, 2007.
- VOISINET, B. D. et al. *Bos indicus*-cross feedlot cattle with excitable temperaments have tougher meat and a higher incidence of borderline dark cutters. **Meat Science**, Amsterdam, v. 30, p. 97-114, 1997.
- WEBB, E. C.; O'NEILL, H. A. The animal fat paradox and meat quality. **Meat Science**, Amsterdam, v. 80, p. 28-36, 2008.
- WEGLARZ, A. et al. The effect of sex and age on beef quality. **Zeszyty Naukowe Przeglądu Hodowlanego**, [Poland], v. 62, p. 211-216, 2002.
- WEGLARZ, A. Quality of beef from semi-intensively fattened heifers and bulls. **Animal Science Papers and Reports**, Wolka Kosowska, v. 28, p. 207-218, 2010.
- WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. **Shear force procedures for meat tenderness measurement**. Roman L. Hruska U. S. Marc. USDA, Clay Center, NE, 2001.
- WHIPPLE, G. M. et al. Evaluation of attributes that affect *longissimus* muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 2716, 1990.
- WOOD, J. D. et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, Amsterdam, v. 66, p. 21-32, 2003.
- WOOD, J. D. et al. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. **Meat Science**, Amsterdam, v. 78, p. 343-358, 2008.
- WULF, D. M. et al. Genetic influences on beef longissimus palatability in Charolais- and Limousin-sired steers and heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 2394-2405, 1996.
- YOUNG, A. W.; CUNDIFF, L. V.; BRADLEY, N. W. Effects of an oral progestogen on feedlot heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 28, p. 224-227, 1969.
- YOUNG, A. W.; MARSH, B. B.; KAUFFMAN, R. G. Effect of backfat in preventing cold shortening and maintaining tenderness in beef (Abstr). **Journal of Food Science**, Hoboken, v. 45, p. 70, 1977. Suplemento 1.
- ZHANG, Y. Y. et al. Effect of sex on meat quality characteristics of Qinchuan cattle. **African Journal of Biotechnology**, Victoria Island, v. 9, p. 4504-4509, 2010.
- ZINN, D. W.; DURRHAN, R. M.; HEDRICK, H. B. Feedlot and carcass grade characteristics of steers and heifers as influenced by days on feed. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 31, p. 302-306, 1970.
- ZOBELL, D. R.; GOONEWARDENE, L. A.; ZIEGLER, K. Evaluation of the bloodless castration procedure for feedlot bulls. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 73, p. 967-970, 1993.

ZWEIACHER, E. R. et al. Effects of methods and time of castration of feeder calves. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.49, n.1, p.5-9, 1979.