Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Influência de características de carcaça em atributos sensoriais da carne bovina brasileira

Juliane Franciele Hartmann

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2019

Juliane Franciele Hartmann
Zootecnista

Influência de características de carcaça em atributos sensoriais da carne bovina brasileira

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador
Prof. Dr. **EDUARDO FRANCISQUINE DELGADO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Hartmann, Juliane Franciele

Influência de características de carcaça em atributos sensoriais da carne bovina brasileira / Juliane Franciele Hartmann. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011-- Piracicaba, 2019.

73 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Espessura de gordura 2. Maciez 3. Marmorização 4. Maturidade óssea 5. Satisfação geral I. Título

Aos meus amados pais, pelo amor incondicional e por sempre acreditarem nos meus sonhos.

Com muito amor,
Dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais **Isabel Cristina Hartmann** e **Julio Cesar Hartmann** pela compreensão, amor, carinho, apoio e amparo dado nesta e em todas as outras fases da minha vida. Agradeço também à minha irmã **Adrielle Cristina Hartmann Lara** por estar ao meu lado independente de qualquer circunstância sendo mais uma vez minha melhor amiga e parceira de todas as horas. Ao meu sobrinho **Lucas Hartmann Motta Lara**, que com toda sua inocência trouxe amor, alegria e vida aos meus dias.

Ao meu noivo **Carlos Adriel Ganassim**, pelo amor, paciência e dedicação que teve durante neste período, sem dúvida alguma você foi parte fundamental para que eu chegasse até o fim.

Ao meu orientador professor **Drº Eduardo Francisquine Delgado**, pela oportunidade, atenção e a enorme contribuição no meu aprendizado, além do amparo em momentos de dificuldade.

Ao **Drº Marcelo Coutinho**, amigo e responsável pela "Brazil Beef Quality" (BBQ), pela oportunidade de participar de seu projeto PIPE/FAPESP e também por ser sempre muito atencioso e prestativo com todas as dúvidas surgiram durante o processo, e por ceder material de pesquisa para que esse projeto fosse desenvolvido.

Aos meus queridos amigos do LAFA: **Ana Claudia da Silva**, **Giuliana Micai de Oliveira**, **Bruna Alves Malheiros**, **Patrícia Maloso Ramos** e **Giancarlo Moura**, pelo acolhimento ao grupo e por se tornarem pessoas essenciais na minha vida, agradeço imensamente pela amizade e pela ajuda profissional e pessoal que todos vocês me deram.

À professora **Drª Carla Maris Machado Bittar**, por abrir as portas de seu grupo de pesquisa possibilitando o primeiro contato com a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", durante o estágio de conclusão de curso, o que afirmou o meu desejo de cursar uma pós-graduação.

Ao **Daniel Morma Polizel,** pela grande ajuda em uma das partes que tenho maior dificuldade, estatística.

À minha amiga, **Paula Gabriele Fernandes Quaresma**, pelo apoio, carinho e ajuda no desenvolvimento deste trabalho, além de ser a professora de inglês mais doida e divertida que existe.

Aos demais amigos de longa data e também aos que tive oportunidade fazer na cidade Piracicaba, em especial à **Ana Paula da Silva**, **Bruno Chagas**, **Fernanda Lavinia Moura, Idalina**, **Marcos Fama**, **Marina G. Coelho**, **Octávio Augusto** e **Gercino Ferreira**, pois vocês são a afirmação que "amigos são a família que podemos escolher". Aos que aqui não foram citados, sintam-se igualmente agradecidos, cada um que esteve comigo nesta caminhada foi peça importante para que eu chegasse até aqui.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens** e à **ESALQ/USP**, pela oportunidade de realização do meu mestrado. Ao **CNPQ** e a **CAPES** pela bolsa de mestrado concedida.

A todos vocês o meu mais sincero **muito obrigada**!

SUMÁRIO

RESUMO 8
ABSTRACT 9
LISTA DE FIGURAS 10
LISTA DE TABELAS 11
1. INTRODUÇÃO 13
2. REVISÃO DE LITERATURA 15
2.1. TECIDO MUSCULAR E CÁRNEO 15
2.2. *RIGOR MORTIS* 17
2.3. QUALIDADE DA CARNE 18
2.4. CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE CARNE 19
2.5. MACIEZ, SABOR E SUCULÊNCIA. 20
2.6. FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE SENSORIAIS DA CARNE BOVINA 22
2.6.1. Maturidade 22
2.6.2. Condição sexual 25
2.6.3 Espessura Gordura Subcutânea 26
2.6.4 Gordura intramuscular (marmorização) 28
3. MATERIAIS E MÉTODOS 30
3.4. AMOSTRAS 32
3.5. TESTES SENSORIAIS 33
3.6. ANALISE ESTATÍSTICA 41
4. RESULTADOS 42
4.1. PERFIL SOCIOECONÔMICO DOS PARTICIPANTES DAS ANÁLISES SENSORIAIS 42
4.2. ANÁLISE DAS RESPOSTAS DADAS PELOS CONSUMIDORES NOS ESTUDOS SOBRE O IMPACTO DA GORDURA INTRAMUSCULAR, ESPESSURA DE GORDURA SUBCUTÂNEA E OSSIFICAÇÃO SOBRE ATRIBUTOS DE QUALIDADE DA CARNE 42
4.3. ANÁLISE DAS RESPOSTAS DADAS PELOS CONSUMIDORES NO EXPERIMENTO CONSIDERANDO DIFERENTES CONDIÇÕES SEXUAIS 43
4.4. CATEGORIZAÇÃO EM CLASSES CONFORME AS MEDIDAS COLETADAS DAS CARCAÇAS PARA OS ESTUDOS DE EGS, GIM E OSSIFICAÇÃO. 45
5. DISCUSSÃO 50
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 56
REFERÊNCIAS 58

ANEXOS 70

RESUMO

Influência de características de carcaça em atributos sensoriais da carne bovina brasileira

O objetivo deste estudo foi verificar a influência de algumas das características comuns de classificação de carcaça (ossificação da carcaça, condição sexual, espessura de gordura subcutânea e marmorização) sobre a percepção dos consumidores em atributos sensoriais da carne bovina. Foram utilizadas amostras do músculo *Longissimus* de 120 carcaças com composição de diferentes composições raciais e com três condições sexuais (F=fêmea; MC= macho castrado; MI=macho inteiro). As informações de carcaças coletadas foram: conformação, acabamento, comprimento e largura de carcaça, espessura de gordura, grau de marmorização, ossificação, pH final e temperatura finais. Removeu-se das carcaças amostras do *Longissimus thoracis et lumborum* 24 horas *post mortem*, sendo então porcionadas em bifes identificados pela sua posição anatômica no músculo (cranial, intermediária e caudal). Na análise sensorial, os consumidores receberam sete amostras de carne onde foram avaliados os atributos: maciez, sabor, suculência e satisfação geral para cada amostra oferecida. Foram desenvolvidos 20 ensaios totalizando 695 consumidores. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, sendo o fator de blocagem a região do músculo *Longissimus*. As análises consideraram os efeitos fixos da quantidade de GIM, EGS, ossificação da carcaça e condição sexual. Os resultados foram analisados através de regressão. A maciez apresentou regressão cúbica significativa ($P < 0,05$) para características de carcaça. Para os parâmetros sabor e satisfação geral foram observadas diferenças estatísticas significativas ($P < 0,05$) para os experimentos envolvendo espessura de gordura subcutânea (EGS) e ossificação. Dentro de cada um dos experimentos as amostras foram classificadas em categorias, graus e níveis diferentes das características de carcaças que correspondem a expectativas de impacto na qualidade da carne, sendo que maciez foi alterada pelas diferentes categorias das diferentes características de carcaça, com melhores avaliações para as categorias de maior espessura de gordura (> 6 mm), maior marmorização (ligeira) e animais adultos (ossificação entre 170 e 350). Os resultados para sabor e satisfação geral foram parcialmente similares aos obtidos para maciez. Suculência não apresentou grande variação. A condição sexual não apresentou diferença estatística significativa ($P < 0,05$) para nenhuma das características avaliadas. O grau de aceitabilidade dos consumidores ao provar as amostras também foi avaliado, sendo observadas diferenças estatísticas significativas entre as categorias de maturidade óssea e acabamento (espessura de gordura subcutânea e marmorização) para maciez, sabor e satisfação geral, com menor impacto em suculência. .

Palavras-chave: Espessura de gordura; Maciez; Marmorização; Maturidade óssea; Satisfação geral

ABSTRACT

Influence of carcass traits on sensorial attributes of Brazilian beef

The objective of this study was to verify the influence of some of the most common carcass traits (carcass ossification, sexual condition, subcutaneous fat thickness and marbling) on the consumers perceptions on sensorial attributes of beef. *Longissimus* muscle samples of 120 carcasses with different racial compositions and three sexual conditions (F = female, MC = male castrated, MI = whole male) were used. The carcass data collected were: conformation, finish, carcass length and width, fat thickness, degree of marbling, ossification, final pH and final temperature. *Longissimus thoracis et lumborum* samples were removed from the carcasses 24 hours post mortem, and were then divided into steaks identified by their anatomical position in the muscle (cranial, intermediate and caudal). In the sensorial analysis, the consumers received seven meat samples where the attributes were evaluated: tenderness, flavor, juiciness and general satisfaction for each sample offered. Twenty trials were developed, totaling 695 consumers. The design was used in randomized blocks, with the blocking factor being the *Longissimus* muscle region. The analyzes considered the fixed effects of the amount of IMF, EGS, ossification of the carcass and sexual condition. The results were analyzed through regression. The tenderness showed significant cubic regression ($P < 0.05$) for the experiments that tested different levels of carcass characteristics. For the parameters of flavor and general satisfaction, statistically significant linear and cubic regression ($P < 0.05$) were observed for the experiments involving subcutaneous fat thickness (EGS) and ossification. Within each of the experiments the samples were classified into categories, grades and different levels of carcass traits that correspond to expectations of impact on meat quality, and tenderness was altered by different categories of different carcass characteristics, with better evaluations for (> 6 mm), greater marbling (slight) and adult animals (ossification between 170 and 350). The results for flavor and general satisfaction were partially similar to those obtained for tenderness. Juiciness did not show great variation. The sexual status did not present a statistically significant difference ($P < 0.05$) for any of the characteristics evaluated. The degree of consumer acceptability when testing the samples was also evaluated. Significant statistical differences between the categories of bone maturity and finishing (thickness of subcutaneous fat and marbling) were observed for tenderness, flavor and general satisfaction, with a lower impact on juiciness.

Keywords: Fat thickness; Tenderness; Marbling; Bone maturity; Overall satisfaction

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organização das miofibrilas em sarcômero, miosina, actina , banda A, banda I, linha Z e zona H (Price; Schwigert. 1971) 16

Figura 2. Curva de resfriamento e acidificação observada em carcaças bovinas até o estabelecimento do rigor mortis curva durante as análises nos frigoríficos. 31

Figura 3. Paleta de escore de referência de marmorização (100 ausente ou traços – 1100 abundante), padrão AUS-MSA. 32

Figura 4. Modelo da ficha de avaliação utilizada pelos consumidores 36

Figura 5. Ilustração do ensaio experimental utilizado para os testes sensoriais com mensuração dos efeitos das características de carcaças sobre a qualidade sensorial das carnes bovinas 35

Figura 6. Distribuição das amostras no quadrado latino, considerado coluna e linha como consumidor e posição de avaliação, e as amostras distribuídas dentro do quadrado latino 36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Idade animal em meses estimada por meio da avaliação da arcada dentaria... 25

Tabela 2. Dados das características de carcaça referentes aos ensaios sobre impacto da gordura intramuscular (GIM) no músculo *Longissimus thoracis* (12 - 13ª costela) na avaliação do consumidor para atributos organolépticos de qualidade da carne bovina. 37

Tabela 3. Dados das características de carcaça referentes aos ensaios sobre impacto da espessura de gordura subcutânea (EGS) no músculo *Longissimus thoracis* (12 - 13ª costela) na avaliação do consumidor para atributos organolépticos de qualidade da carne bovina. 38

Tabela 4. Dados das características de carcaça referentes aos ensaios sobre impacto da categoria sexual (CS) no músculo *Longissimus thoracis* na avaliação do consumidor para atributos sensoriais de qualidade da carne bovina. 39

Tabela 5. Dados das características de carcaça referentes aos ensaios sobre impacto da ossificação (OSSIF) no músculo *Longissimus thoracis* na avaliação do consumidor para atributos sensoriais de qualidade da carne bovina. 40

Tabela 6. Perfil da população participante dos testes sensoriais 42

Tabela 7. Regressão entre a avaliação do consumidor para atributos sensoriais de qualidade de carne bovina e diferentes níveis de gordura intramuscular, espessura de gordura subcutânea e ossificação. 43

Tabela 8. Avaliação por consumidores não treinados de atributos de qualidade sensoriais do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* bovino provenientes de carcaças pertencentes a diferentes condições sexuais. 44

Tabela 9. Nível de aceitabilidade dos consumidores não treinados para atributos de qualidade sensoriais do músculo Longissimus thoracis et lumborum bovino provenientes de carcaças pertencentes a diferentes condições sexuais. 44

Tabela 10. Avaliação por consumidores não treinados de atributos de qualidade sensoriais do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* bovino provenientes de carcaças pertencentes a diferentes categorias de medidas de espessura de gordura subcutânea 45

Tabela 11. Nível de aceitabilidade dos consumidores não treinados para atributos de qualidade sensoriais do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* bovino provenientes de carcaças pertencentes a diferentes EGS. 46

Tabela 12. Avaliação por consumidores não treinados de atributos de qualidade sensoriais do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* bovino provenientes de carcaças pertencentes a diferentes categorias de escore de quantidade de gordura intramuscular 47

Tabela 13. Nível de aceitabilidade dos consumidores não treinados para atributos de qualidade sensoriais do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* bovino provenientes de carcaças pertencentes a diferentes escores de GIM. 47

Tabela 14. Avaliação por consumidores não treinados de atributos de qualidade sensoriais do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* bovino provenientes de carcaças pertencentes a diferentes categorias de escores de ossificação das carcaças 48

Tabela 15. Nível de aceitabilidade dos consumidores não treinados para atributos de qualidade sensoriais do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* bovino provenientes de carcaças pertencentes a diferentes ossificações. 48

Tabela 16. Perfil dos participantes do estudo que avaliava gordura intramuscular (n=695)..... 70

Tabela 17. Perfil dos participantes dos estudos que avaliavam diferentes espessuras de gordura subcutânea. (n= 120)..... 71

Tabela 18. Perfil dos participantes dos estudos que avaliavam diferentes sexos (n= 179) 72

Tabela 19. Perfil dos consumidores dos estudos que avaliavam ossificação (n= 288) 74

1. INTRODUÇÃO

A pecuária de corte brasileira destaca-se como um dos mais lucrativos setores do agronegócio nacional, com um volume de produção que projeta o país no cenário mundial, com liderança entre os maiores exportadores desde 2004 consolidando-se em 2011 como o segundo maior produtor mundial de carne bovina *in natura* do mundo (Carvalho; Zen; Ferreira, 2008). No ano de 2016 a exportação brasileira atingiu a marca de 1.534.380 toneladas exportadas e desses, 76% em equivalente carcaça (ABIEC, 2018). Além de ser líder no mercado exportador o Brasil também é detentor do segundo maior rebanho mundial de bovinos, ficando atrás apenas da Índia (USDA, 2018), com aproximadamente 218 milhões de cabeças e destas 36,90 milhões são abatidos anualmente (IBGE, 2018).

Embora seja um grande exportador de carne bovina, a maior parte da produção brasileira destina-se ao consumo interno, e apenas 20% do total produzido é exportado (ABIEC 2018). A capacidade instalada da pecuária brasileira que permite a produção de grande quantidade de carne a preços competitivos contrasta com a qualidade da carne, que é apontada como um dos principais pontos críticos da indústria (Ferraz; Felício, 2010), refletido na menor valorização do produto nacional quando comparado a outros países. Entre os fatores que influenciam a qualidade da carne a ser consumida pela população estão à qualidade sanitária e aspectos ligados aos sentidos visuais, gustativos e olfativos (Alves, et al., 2005; Yokoo, et al., 2008). Com isto para garantir a sustentabilidade da cadeia produtiva, faz-se necessário o desenvolvimento e investimento na produtividade e garantia da qualidade do produto oferecido ao consumidor (Gomes et al., 2017).

A classificação de carcaça, adotadas por alguns países, é uma ferramenta importante que pode garantir a adequação às exigências de carne de melhor qualidade para o consumidor brasileiro e tornar o produto nacional mais atrativo no mercado externo. A avaliação de carcaças tem historicamente sido considerada como uma garantia para maior padronização de produtos e definidora de valor de carcaça de modo mais condizente com a sua real contribuição a atributos de qualidade (Bridi, 2002). Todavia, os sistemas convencionais de avaliação podem não ser suficientes para uma padronização dos atributos de qualidade da carne que atenda às exigências dos consumidores, especialmente porque utilizam variáveis de carcaça que apresentam limitações quanto à relação ou contribuição com atributos sensoriais. Diante da elevação das exigências associadas à qualidade, pesquisas relacionadas ao tema ganham espaço para aperfeiçoamento de toda a cadeia produtiva (Mombach et. al., 2010).

Dentre as características sensoriais de qualidade da carne bovina, a maciez assume posição de destaque, sendo considerada como a característica sensoriais de maior influência na aceitação da carne por parte dos consumidores (Paz; Luchiari Filho, 2000), apontada como definidora da aceitação no mercado norte-americano (Boleman et al., 1997). No mercado brasileiro há maior valorização do produto considerado macio pelos consumidores, tendo em vista que os mesmos já demostraram capacidade de distinguir carnes com diferenças para essa característica (Delgado et al., 2006), e a habilidade dos consumidores de discernir a variação na maciez é muito importante para estabelecer um padrão para esta característica da carne (Miller et al., 1995).

O aprimoramento do programa brasileiro de classificação de carcaças que atualmente é desenvolvido por uma classificação simples e descritiva não abrange a grande heterogeneidade da produção de carne bovina e do mercado consumidor no Brasil (Rocha 2007). Este aperfeiçoamento é importante, pois por meio dele seria possível aumentar a consistência e padronização para o consumidor de produtos de diferentes categorias de qualidade esperada provenientes dos diversos sistemas de produção do país. O programa "Brazil Beef Quality: padronização de carnes bovinas para palatabilidade (BBQ)" tem como foco classificar as carnes do Brasil conforme a raça, sistema de produção, condição sexual, pH, cor tanto da gordura como da carne, índice de marmorização, espessura de gordura subcutânea, ossificação e dentição, sendo estes mesmos fatores utilizados no sistema *Meat Standards Australia* (MSA), baseado na relação destas variáveis com percepção de qualidade sensoriais pelo consumidor.

Como parte do projeto de desenvolvimento de um sistema de classificação de carcaças e cortes baseado na percepção do consumidor, objetivou-se verificar a influência de características mais comuns para classificação e tipificação de carcaça (ossificação, condição sexual, espessura de gordura subcutânea e marmorização) sobre a percepção dos consumidores em atributos sensoriais da carne.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As relações estabelecidas entre as características da carcaça e da carne são decorrentes de fatores como idade (maturidade), condição sexual, raça (genótipo) do animal associados com o sistema de produção que alteram a deposição tecidual e composição da carne, influenciando na qualidade do produto final. A revisão visa fundamentar estes fatores, inter-relações e possíveis impactos na percepção do consumidor.

2.1. Tecido muscular

O tecido muscular é dividido em músculo estriado esquelético, músculo estriado cardíaco e músculo liso, sendo o estriado esquelético o que apresenta maior proporção nas carcaças (35-65%) e maior valor econômico agregado (Paz;Luchiari Filho, 2000). Este tecido também é o principal componente do músculo que dará origem ao produto carne, este último com composição média de 16%-22% de proteínas, 1%-13% de gorduras, 75%-85% de água, 1,5% de substâncias nitrogenadas não proteicas, 1% de carboidratos e 1% de minerais (Pardi et al., 1995). As proteínas que compõe os músculos podem ser dividas em proteínas miofibrilares (miosina, actina, proteína C, proteína M, tropomiosina, α-actina e β-actina), sarcoplasmáticas (mioglobina e proteínas relacionadas ao metabolismo de glicose) e estromáticas (proteínas do tecido conjuntivo, em grande parte representada pelo colágeno), correspondendo respectivamente 52-56%, 30-35% e 10-15% do total das proteínas musculares (Sgarbieri, 1996).

Um dos aspectos mais marcantes no músculo esquelético é sua aparência estriada em observação microscópica. Tais estriações observadas são devido a repetição em sequência justaposta das unidades básicas de contração, denominadas sarcômeros, que formam a miofibrila dentro das células musculares. Cada sarcômero apresenta uma organização molecular constituída de filamentos longitudinais contráteis, os quais correspondem à actina (filamentos finos) e miosina (filamentos grossos) além das demais proteínas filamentosas, filamentos intermediários e proteínas associadas a estas, delimitadas pelo disco ou linha Z. A partir do disco Z, os filamentos finos estendem-se paralelamente para ambos os sentidos sendo intercalados pelos filamentos grossos, apenas na região central do sarcômero. Tal organização produz um padrão de bandas transversais que varia conforme o estado de contração muscular (Junqueira; Carneiro, 2013) (Figura 1).

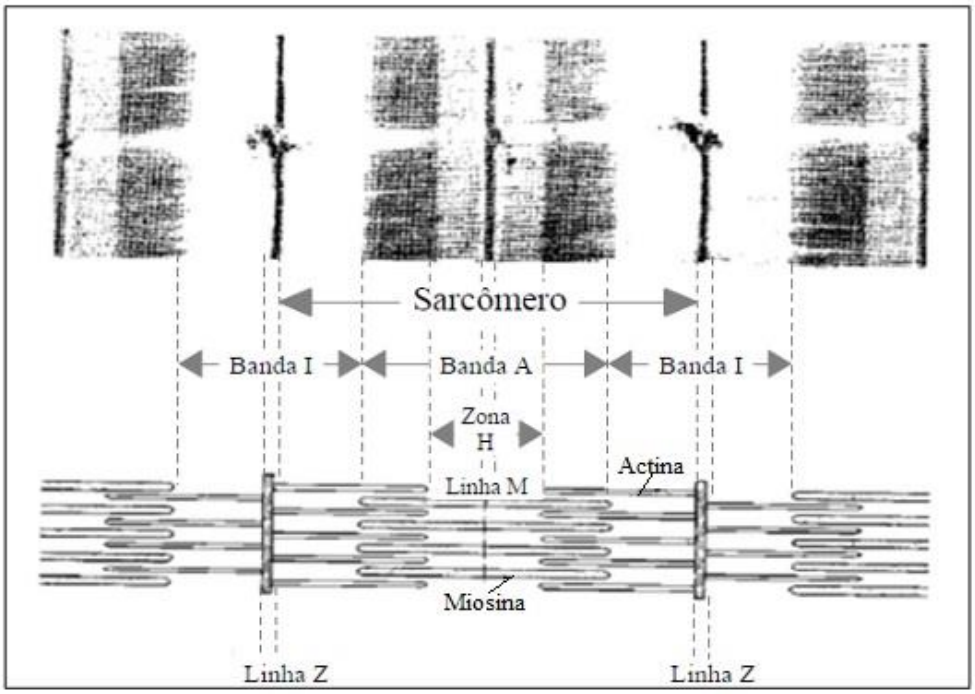


Figura 1. Organização das miofibrilas em sarcômero, miosina, actina , banda A, banda I, linha Z e zona H (Price; Schwigert. 1971)

As fibras musculares correspondem a maior parte do volume total do tecido muscular, os demais componentes, tecido conjuntivo, fibras nervosas e vasos sanguíneos completam o volume total (Judge et al., 1989).

A resposta a um estimulo nervoso desencadeia o processo de contração muscular, sendo este processo definido como a ativação das fibras musculares com tendência destas se encurtarem (Brian, 2003). A despolarização de membrana plasmática causada pela liberação de acetilcolina nas terminações nervosas dos músculos resulta na despolarização do reticulo sarcoplasmático, promovendo a abertura de canais de cálcio (Ca^{2+}) aumentando a concentração deste no citoplasma. O Ca^{2+} então se liga a troponina que sofre uma mudança conformacional empurrando a tropomiosina para dentro do sulco do filamento de actina, retirando a barreira imposta pela troponina I no sitio da actina de ligação à miosina, formando deste modo o complexo actinomiosina. Este processo é dependente de energia, e a quebra de ATP pela cabeça da miosina possibilita produção do seu movimento resultando no deslizamento do filamento fino sobre o grosso que produz a contração muscular para movimentação. Em seguida outra molécula de ATP se liga à miosina e o complexo actinomiosina se desfaz, que associado à drenagem do cálcio sarcoplasmático pelas bombas

de cálcio do retículo sarcoplasmático causam assim o relaxamento (Junqueira; Carneiro, 2013).

Após o abate, tem início, na musculatura estriada, uma série de transformações químicas e físicas que alteram o processo de contração e culminam na rigidez da carcaça, processo conhecido como *rigor mortis*. A existência de relação entre o comprimento do sarcômero, unidade contrátil do musculo, e a maciez da carne foi reconhecida bem cedo em ciência da carne (Hostetler, et al., 1970; Cross et al., 1980; Wheeler; Koohmarie, 1994***).***

2.2. *Rigor mortis*

O processo de *rigor mortis* é dado como um estado de contração irreversível que ocorre com a morte do animal, é caracterizado por rigidez e inextensibilidade muscular. Para que o músculo possa reverter à condição de contração pelo desligamento do complexo actinomiosina faz-se necessária a presença de energia (trifosfato de adenosina- ATP). Entretanto após o abate ocorre a depleção das reservas energéticas assim, não há energia suficiente *post mortem*, impedindo a ocorrência da quebra das ligações entre actina e miosina, além disto, a concentração de cálcio mantem-se alta devido a perda da função dos canais de cálcio e da bomba de cálcio presentes no reticulo sarcoplasmático, impossibilitando o relaxamento muscular (Nauss; Davies, 1966).

Com a morte e, por consequência, com a cessação do suprimento sanguíneo, o controle nervoso e o aporte de oxigênio deixam de chegar à musculatura, fazendo com que o tecido muscular simplesmente não possua oxigênio suficiente para manter o alto nível de geração aeróbica de ATP. Sendo assim a via de obtenção de energia passa a ser inteiramente anaeróbica, utilizando reservas de glicogênio presentes na musculatura por meio da glicogenólise (Lawrie, 2005). O meio mais imediato de manter ou restaurar os níveis de ATP no músculo envolve a fosfocreatina (PCr) como uma "primeira resposta", a PCr contém um grupo fosfato que prontamente é transferido para o ADP através de uma enzima conhecida como creatina quinase (fosfocreatina + ADP + $H^+ \Leftrightarrow$ creatina + ATP) (Honikel; Kim, 1986).

Durante o metabolismo anaeróbico as reservas energéticas se esgotam mais rapidamente, sendo inicialmente degradadas as reservas de fosfocreatina, seguidas pelas reservas de glicogênio e outros carboidratos e por fim o ATP. O processo de obtenção de

energia por via anaeróbia culmina na diminuição do pH e aumento na concentração de lactato muscular (Bendall, 1973). O declínio no pH muscular *post mortem* é comumente atribuído ao aumento do lactato, no entanto este a acidificação do meio se dá pelo aumento de H^+ decorrente da hidrólise de ATP que contribui de forma significativa com a acidificação final da carne após o abate (Robergs, et al. 2004; Hollung; Veseth-Kent 2012). O pH do músculo de mamíferos em repouso varia entre 7,1 a 7,3 e normalmente diminuirá de forma gradativa não linear para 5,5 a 5,6 no músculo após o rigor, sendo que em músculo bovino a maior parte desse declínio ocorre nas primeiras 9 a 12 horas, e tende a se estabilizar após 24 horas (Briskey, et al., 1966; Pearson; Young, 1989; Wood, et al., 2008).

As alterações *post mortem* que ocorrem podem influenciar de maneira direta a qualidade final da carne, particularmente a maciez. Além disso, a combinação de taxas glicolíticas rápidas *post mortem* a altas temperaturas musculares pode comprometer a integridade da proteína muscular, o que leva subsequentemente modificações na aparência e na estrutura da carne o que possivelmente será avaliado e rejeitado pelo consumidor na gôndola do supermercado (Ferguson et al. 2001; Simmons et al. 1996) O processo de *rigor mortis* é a etapa fundamental para que se reconheça o músculo como produto cárneo, pois, do ponto de vista fisiológico, é considerado carne todo músculo que passou pelo processo de *rigor*, ou seja, processo de transformação de musculo em carne (Ouali et al. 2003).

2.3. Qualidade da carne

O conceito de qualidade da carne é extremamente variável, e se estabelece em função de adequações das características do produto frente às exigências de mercado. Essa variabilidade do conceito engloba todas as etapas da cadeia produtiva indo desde o nascimento do animal até a forma de preparo do produto final para consumo (Osório; Osório, 2006), deste modo também dependente de fatores como regiões geográficas, classes socioeconômicas, diferentes visões técnico-científicas, industriais e comerciais, questões culturais e preferências pessoais de cada consumidor (Bridi, et al., 2003).

Vários são os fatores que podem afetar diretamente a qualidade da carne, como: genética, sexo, manejo, nutrição e índices zootécnicos (Boito, 2014), existindo também grande variação quanto aos cortes e aos padrões das carcaças comercializadas, tornando o produto nacional menos atrativo a uma parte do mercado externo que apresenta exigência

mais estreita quanto aos padrões de peso e de acabamento de carcaça, remunerando mais o mercado que seja capaz de satisfazer tais exigências em qualidade (Arboitte, et al., 2012).

As exportações de carne bovina representam mais da metade de todos os produtos exportados pelo país (FAPRI, 2015) e isto faz com que países importadores da carne brasileira aumentem as exigências ao processo burocrático e os requisitos sanitários, de qualidade e rastreabilidade do gado (Barbut, 2014). Este aumento de exigências de qualidade não está restrito ao mercado externo e exportação de carne bovina, sendo importante também para o mercado nacional, ou seja, qualidade de carne representa uma das principais preocupações para consumidores, principalmente para os mais exigentes e que estão dispostos a pagar mais por produtos de qualidade certificada e garantida (Melo, et al., 2016).

Frente ao cenário nacional de produção de carne, a aplicação de um sistema de certificação que seja capaz de atestar ao cliente se o produto tem as características desejadas reduz a divergência de informações que atualmente existe e agrega valor as carnes brasileiras com consequente aumento da confiabilidade do consumidor na indústria (Fusco, 2002), e na cadeia de produção da carne bovina.

2.4. Características de qualidade de carne

Os elementos de avaliação de qualidade de carne podem ser divididos em duas classes: a classe de características sensoriais que são os atributos ligados aos sentidos do ser humano como aparência e palatabilidade, as quais muitas vezes não encontram medidas por instrumentos, únicas e simples, que as representem; e a classe de características físico-químicas que são aquelas propriedades mensuráveis, como cor, potencial hidrogeniônico (pH), capacidade de retenção de água e maciez. Estas podem ser avaliadas subjetivamente ou medidas com aparelhos específicos de modo objetivo (Felício, 2010).

A qualidade da carne, quanto às suas características sensoriais e físico-químicas, é influenciada pela estrutura do músculo, composição química, interações entre seus constituintes químicos, alterações *post mortem*, estresse, efeitos pré-abate, processamento, estocagem, contaminação microbiana e métodos de cozimento (Miller, 1994). A combinação desses fatores resulta na obtenção de carne com características que devem ser apreciadas pelo consumidor.

A apreciação da carne pelo consumidor, envolve o estabelecimento de comparação entre as diferentes opções de produtos buscando o atendimento das suas expectativas. Esta apreciação é determinada por sua resposta ao sabor, à suculência e à maciez, cujo grau de satisfação depende da preferência de cada indivíduo (Madruga et al., 2000). Dentre os fatores que influenciam de forma determinante a apreciação, a maciez e o sabor são apontados como os atributos que mais influenciam a aceitação pelos consumidores de diversos países produtores e consumidores de carne (Brewer; Novakofski 2008).

2.5. Maciez, sabor e suculência.

A maciez é considerada uma das características sensoriais de maior influência sobre a aceitação geral da carne por parte dos consumidores, assumindo uma posição de destaque dentro da cadeia produtiva. Na indústria da carne, este atributo afeta de maneira direta a valorização do produto, mostrando a disponibilidade do consumidor em pagar mais por uma carne com maior maciez e de alto padrão de qualidade (Koohmaraie, 1994; Boleman et al., 1997).

Dois períodos são importantes para definição da maciez da carne bovina, o período *ante mortem*, onde se pode nomear a dureza intrínseca da carne a qual não será modificada no período *post mortem*, sendo o resultado da variação no tecido conjuntivo presente no músculo relacionada com proteínas do estroma. Já no período *post mortem* pode ser dividido em duas fases, a fase de enrijecimento, que é causada pelo encurtamento do sarcômero durante o desenvolvimento do *rigor mortis*, e a fase de amaciamento, quando ocorre a proteólise nas miofibrilas (Koohmaraie; Geesink, 2006). A proteólise é realizada por enzimas que fazem modificações na estrutura do tecido muscular, como a diminuição de forma gradativa da linha Z, com a hidrólise da troponina T, desmina, nebulina, titina e diversas outras proteínas miofibrilares. As alterações nas estruturas das miofibrilas fazem com que haja diminuição da rigidez do músculo. Como consequência ocorre um aumento gradativo da maciez da carne (Koohmaraie, 1994).

Dentre as enzimas envolvidas na proteólise temos as do complexo multicatalítico de proteases (MCP) ou proteoasoma, o sistema lisossomal das catepsinas, e o complexo enzimático calpaínas/calpastatina, que é considerado o principal mecanismo neste processo, que leva ao amaciamento da carne (Huff-lonergan; Lonergan, 2005; Koohmaraie, 1992a).

Outro sistema proteolítico que tem recebido atenção é composto de caspases e está envolvido no processo apoptótico da miofibra (Kemp; Parr, 2012). Todavia, a suficiência e necessidade do sistema das calpaínas continuam sendo um modelo aceito na determinação do processo de amaciamento.

O sistema das calpaínas apresenta-se sob duas formas principais quando se trata do impacto no processo de amaciamento da carne, a μ-calpaína ou calpaína do tipo I ativada por concentração micromolar de cálcio, e a m-calpaína ou calpaína do tipo II ativada por concentração milimolar de cálcio, sendo ambas inibidas por outra proteína denominada calpastatina (Koohmaraie, 1992b). Aproximadamente 65-90% da variação na maciez da carne pode ser explicada pela variação na atividade do sistema das calpaínas (Goll et al. 1992). As variações de alterações *post mortem*, e, portanto a variabilidade em maciez da carne bovina, são em grande parte explicadas (cerca de 85%) pelo processo enzimático que leva ao amaciamento da carne, conhecido como maturação, sendo os restantes 15% ligados à diferenças em marmorização e solubilidade de colágeno (Dransfield, 1993; Goll et al. 1992; Koohmaraie, 1992b; Koohmaraie; Geesink, 2006)

É possível medir a maciez da carne de forma objetiva e subjetiva. A forma subjetiva é por meio de utilização de análise sensorial, onde grupos de pessoas treinadas ou não treinadas degustam e classificam a carne em categorias de maciez. Já a classificação objetiva é por meio de análise laboratorial utilizando medidas de força de cisalhamento, ou seja, medida da força necessária para romper ou cortar as fibras da carne sendo esta analise realizada com auxilio de equipamentos como o Warner-Bratzler (WBSF), considerado o protocolo mais antigo e difundido mundialmente (Bratzler, 1954), ou por meio da metodologia de Slice Shear Force (SSF), considerada mais eficiente que WBSF (Wheeler et al., 2002), no entanto ambas demonstram que quanto maior a força dispensada para romper as fibras musculares, menor a maciez apresentada pelo corte de carne. Alguns fatores afetam diretamente a maciez da carne, dentre os quais pode-se destacar os seguintes fatores que apresentam algumas inter-relações causais: genética, o sexo, a idade ao abate, a alimentação, o estresse no pré-abate, o resfriamento da carcaça, cobertura de gordura, grau de marmorização (Muchenje et al., 2009), além das condições de armazenamento da carne. As alterações bioquímica-físicas que são influenciadas por tais fatores acabam por definir o processo de transformação de músculo em carne durante e após o *rigor mortis* e determinar o amaciamento *post mortem*.

Além da maciez, sabor, aroma e suculência são apontados pelos consumidores como características importantes para classificar a qualidade da carne. A suculência da carne está diretamente relacionada aos lipídios intramusculares e ao teor de umidade da carne, desta forma a quantidade de gordura intramuscular (marmorização) também pode influenciar a suculência do produto (Savell et al., 1986; Osório et al., 2009). Sabor e aroma são dois atributos complexos da carne afetados pela espécie animal, idade, gordura, tipo de tecido e sua localização, tal como o sexo, dieta e método de cozimento (Webb et al., 2005). Ambos são provenientes da transformação de substâncias lipossolúveis e hidrossolúveis durante o processo de aquecimento, sendo assim apontados como responsáveis pelo perfil aromático da carne cozida (Madruga et al., 2003). Reações como a de Maillard que causa a redução de açúcares e aminoácidos durante o cozimento originam e liberam compostos voláteis que caracterizam o aroma agradável ou não da carne cozida (Osório et al., 2009).

2.6. Fatores que afetam a qualidade sensorial da carne bovina

2.6.1. Maturidade

Utilizado como parâmetro de avaliação em grande parte dos programas de tipificação e classificação de carne bovina, a maturidade é evidenciada como um fator com potencial para afetar a qualidade sensoriais da carne, sendo um indicador que vem sendo utilizado devido a potencial relação negativa com a maciez (Shorthose; Harris, 1990; Schonfeldt; Strydom, 2011).

Um dos principais fatores contribuintes para essa alteração de maciez com o aumento da maturidade dos animais são as modificações que ocorrem no tecido conjuntivo presente no músculo, ou seja, alterações na composição, estrutura, e solubilidade do colágeno que afetam negativamente a maciez da carne (Prändl et al., 1994). Com o aumento da maturidade, cresce o número de ligações cruzadas intra e intermoleculares no colágeno, refletindo no aumento da estabilidade térmica e diminuição da solubilidade da matriz de colagenosa dificultando dessa maneira processos de amaciamento das carnes (Bailey; Sims, 1977; Weston et al., 2002). O colágeno representa um terço, ou mais, do total das proteínas no corpo do animal, sendo que no músculo, este se apresenta de três formas morfologicamente distintas: epimísio, feixe de fibras espessas que envolvem e separam os músculos, formam os tendões que se unem a outros músculos e ossos; perimísio, composto de bainhas de fibras de colágeno que envolve e

separa grandes e pequenos feixes de fibras musculares e endomísio, camada de tecido conjuntivo que envolve individualmente as fibras musculares (Lehninger, 1986; Mc Cormick, 1994).

Outro fator adicional que pode se modificar com o avanço da maturidade animal é o sistema das enzimas responsáveis pela proteólise *post mortem*. Ao comparar atividade proteolítica de bovinos em diferentes idades é possível observar diminuição da atividade proteolítica *post mortem* em músculos de animais maduros (>56 meses) quando comparados a animais jovens (±8 meses), demonstrando menor atividade da μ-calpaína em relação à atividade da calpastatina, assim como a maior estabilidade da atividade da calpastatina durante o processo de amaciamento *post mortem*. Sendo assim a menor maciez comumente observada na carne de animais mais maduros além de ser explicada pelas modificações do tecido conjuntivo, também pode ser descrita como a diminuição da capacidade proteolítica desta categoria animal após o abate (Cruzen et al., 2014) .

A avaliação da maturidade já é uma prática utilizada por programas de avaliação e certificação de carcaças como, por exemplo, o *Meat Standards Australia* (MSA) e o sistema americano do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), os quais usam o escore de ossificação como um indicador de maturidade animal e consequentemente na predição da qualidade da carne bovina (USDA, 1997; Polkinghorne et al., 2008). O escore de ossificação é medido por uma avaliação visual do grau de calcificação na cartilagem das vértebras sacral e dorsal (USDA, 1997), com uma progressão gradual que se inicia pelas sacras, seguidas pelas lombares e torácicas (Pardi et al., 2001), tornando-se a calcificação completa quando os animais alcançam aproximadamente 6 a 8 anos de idade, ou atingem 590 pontos pela classificação visual (Raines et al., 2008).

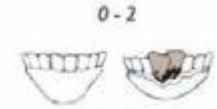
A taxa de ossificação e, portanto, o escore de ossificação em qualquer idade é fortemente influenciada pelo status hormonal de um animal, particularmente pelo hormônio estrogênio (Field et al., 1997; Scheffler et al., 2003), o qual é essencial para o fechamento normal das placas epifisárias de crescimento e na regulação da atividade dos osteoclastos em ambos os sexos (Compston, 2001). Sendo assim a ossificação é uma característica fortemente alterada por fatores como: condição sexual, manejo e “status” fisiológico, significando possível alteração da mesma em qualquer idade (Field et al., 1997; Scheffler et al., 2003).

Em contrapartida a idade animal é uma medida linear simples, que tem sido indiretamente estimada por meio de avaliação da arcada dentária, verificando o número de dentes incisivos decíduos já trocados pelos permanentes, dos animais a qual é descrita da seguinte forma:

Os programas de classificação de carcaça, como o USDA e MSA, utilizaram a avaliação da arcada dentária como estimador da idade de bovinos (Tabela 1), comparando-se a avaliação da maturidade por ossificação (Lawrence et al., 2001; Li et al., 2005). No entanto a ossificação tem uma capacidade melhor que a idade para refletir em maturidade fisiológica de um animal (Field et al., 1997) e pesquisas anteriormente desenvolvidas demostram a correlação positiva do escore de ossificação com as características qualitativas da carne bovina, principalmente quanto a aspectos relacionados à maciez (Lawrence et al., 2001).

A correlação do escore de ossificação com características sensoriais da carne já foi observada em animais de menor idade fisiológica, ou seja, mais jovens (Bonny et al., 2016a). Para animais mais velhos, como em vacas de descarte, os autores verificaram que a idade cronológica é mais indicada para diferenciação da qualidade da carne, uma vez que existe um platô de ossificação, que ocorre ao redor dos cinco anos, não permitindo uma diferenciação de maturidade pela utilização do escore de ossificação. Este platô também ocorre com o uso da dentição permanente como método de estimar a maturidade fisiológica (Tabela 1). Portanto a combinação de idade associada ao escore de ossificação seria o melhor cenário para garantia da qualidade da carne exigida pelo mercado consumidor.

Tabela 1. Idade animal em meses estimada por meio da avaliação da arcada dentaria.

	Incisivos Permanentes	**Taurino - idade aproximada**	**Zebuíno – idade aproximada**	
	0	Menor que 18 meses	Menor que 20 meses	1º dentição sem queda das pinças
	2	18-28	20-24	Troca das 1ºs pinças sem troca dos 1ºs médios
	4	24-31	30-36	Queda das pinças e 1ºs médios
	6	32-43	42-48	Queda das pinças e 1ºs e 2ºs médios s/ queda dos cantos
	8	36-56	52-60	Presença de 6 dentes definitivos

Fonte: Adaptado do AUS-MEAT 2018 e Lawrence et al., 2001

2.6.2. Condição sexual

O sexo é apontado como um fator relevante que influencia a maciez da carne bovina, sendo responsável pela diferença no ponto de abate e idade que os animais serão abatidos, associados ao grau de acabamento e peso de carcaça final, de modo que as fêmeas atingem o ponto de abate mais cedo e com menor peso que machos castrados, e estes por sua vez estarão acabados mais cedo e mais leves que machos inteiros (Berg e Butterfield, 1976; Purchas, 1991).

Os machos inteiros apresentam hormônios androgênicos que são responsáveis pela maior velocidade de crescimento muscular, com produção de carcaças maiores com menor quantidade de gordura, e melhor conversão alimentar (Restle et al., 1997; Restle et al., 1994; Restle et al., 1996), no entanto estes mesmos hormônios são apontados como responsáveis por esses animais apresentarem carcaça mais magra, carne mais escura, mais dura e com pior palatabilidade (Muller; Restle, 1983; Restle et al., 1994; Restle et al., 1996), além de serem acabados mais tardiamente e apresentarem maior reatividade que os castrados e fêmeas.

As diferenças na maciez da carne proveniente de animais inteiros e castrados também podem estar relacionadas parcialmente por diferenças nas características do tecido conjuntivo destes animais, onde animais inteiros apresentariam maior quantidade de colágeno insolúvel (Gerrard et al., 1987), menor teor de gordura intramuscular (marmorização) e menor espessura de gordura subcutânea (Seideman et al., 1982). Trabalhos anteriormente realizados também destacam que essas diferenças na maciez entre essas categorias de animais é reflexo da maior concentração de calpastatina no músculo de animais inteiros, o que consequentemente causa maior inibição da calpaína prejudicando deste modo o processo proteolítico de amaciamento da carne (Wheeler et al., 1990; Morgan et al., 1993). A maior atividade inibitória da calpastatina pode estar associada a indivíduos de maior reatividade, com impacto detrimental para a maciez da carne (Coutinho et al.,2017; Souza et al., 2019; King et al. 2006).

Em comparação aos machos, as fêmeas jovens apresentam perfil hormonal que favorece a deposição, proporção e distribuição de gordura nos músculos (Venkata et al., 2015). Além disto, a carne desses animais seria positivamente afetada pelo menor diâmetro da fibra e, em alguns casos, menor proporção de colágeno quando comparado a machos (Boccard et al., 1979; Chriki et al., 2013; Seideman et al., 1989). A contribuição dessa classe é relevante, quanto ao volume de carne produzido, representando 39,35 % dos animais abatidos, sendo 78,15% de vacas de descarte e 21,85% novilhas (IBGE, 2016). Esta contribuição elevada ocorre pelo descarte rotineiro de vacas do rebanho na cadeia de produção de bovinos de corte, decorrente em grande parte do encerramento da contribuição reprodutiva no rebanho devido à idade avançada podendo também ser devido a problemas de saúde ou baixa habilidade materna, mas em certos momentos é derivado do aumento na demanda de carne com maior valorização da arroba (Kuss et al., 2005).

2.6.3 Espessura Gordura Subcutânea

Tal como acontece com o sexo, a quantidade, composição e distribuição do tecido adiposo dentro de uma carcaça é um fator que tem sido considerado importante na definição de qualidade de carne. A medida da espessura de gordura de cobertura (EGC) ou gordura subcutânea (EGS) é um importante indicativo da composição e acabamento das carcaças, em particular, da porção de proteína e porcentagem de gordura, além de exercer função de proteção contra o resfriamento pós-abate (Mcintyre, 1994). Nos frigoríficos o grau de

acabamento das carcaças é mais um dos pontos críticos que pode causar à desvalorização do produto, trazendo prejuízos ao produtor.

Após o abate a carcaça passa por um conjunto de avaliações, sendo estas subjetivas com a classificação de escore visual de quantidade de gordura presente na carcaça, e objetiva com a mensuração em milímetros (mm) sobre o músculo *Longissimus* na região entre a 12ª-13ª costela. A avaliação objetiva é associada ao escore, sendo a carcaça classificada como: gordura ausente ou escassa 1-3 mm; mediana 4-6 mm; uniforme 7-10 mm; excessiva, 10 mm ou mais (Paz; Luchiari Filho 2000; Hendrick, 1983). Alguns frigoríficos exigem que os animais apresentem espessura de gordura mínima (3mm) e máxima (6mm), com desvalorização do produto pela indústria no caso de não conformidade dentro desses limites (Restle et al., 1999).

A função de isolamento térmico conferido por uma espessura mínima de gordura subcutânea protege as carcaças contra efeitos negativos causados pelo frio, permitindo a queda de temperatura pós abate de maneira lenta e gradual associada ao ritmo de queda pH, evitando dessa maneira consequentes perdas de qualidade do produto final.

Carcaças com EGS < 3mm apresentam maior tendência ao escurecimento da parte externa dos músculos expostos ao resfriamento, conferindo aspecto visual indesejável com consequente rejeição do produto pelo consumidor no momento da compra, a escassez de gordura também causa o aumento da perda de água que reflete na diminuição do peso da carcaça (Costa et al., 2002; Muller, 1987), além de ser uma das principais causas do encurtamento excessivo das fibras musculares durante o desenvolvimento do *rigor mortis* (Lawrie, 2005), processo conhecido como *cold shortening*, que ocorre quando a carcaça quente, ainda em condição de pré-rigor com pH entre 6,0 e 6,4, tem sua temperatura reduzida rapidamente para 10ºC a 15ºC (Locker; Hagyard, 1963; Honikel, 2004), prejudicando diretamente a maciez da carne e podendo influenciar negativamente no processo de maturação.

A espessura de gordura superior à máxima também não é desejável, tanto do ponto de vista do produtor quanto na indústria frigorifica. Para o produtor a maior deposição de gordura subcutânea reflete em aumento de custos produtivos que não serão recompensados com a comercialização das carcaças tendo em vista que o excesso de gordura será retirado antes da pesagem, procedimento denominado toalete, representando a diminuição do peso

carcaça, já para o frigorifico este excesso gera maior custo operacional e maior tempo gasto neste processo (Costa et al., 2002).

A medida de EGS é usada como parâmetro para o cálculo do “Yield Grade” (grau de rendimento) em carcaças Estadunidenses, e também constitui-se em referência para avaliação visual do grau de acabamento no atual sistema brasileiro de classificação de carcaças, sendo a característica que mais influencia nos modelos de predição para grau de acabamento e rendimento dos cortes (Greiner et al., 2003). Além dos aspectos produtivos, a camada de gordura subcutânea, assim como a gordura intramuscular, são importantes na experiência gustativa dos consumidores por estarem relacionadas com as características de maciez, sabor, suculência e aparência visual dos cortes (Bonin et al., 2014).

2.6.4 Gordura intramuscular (marmorização)

A presença de faixas de tecido adiposo entre os feixes de fibras musculares no musculo esquelético de bovinos é denominado de gordura intramuscular ou marmorização (Harper e Pethick, 2004). O grau de deposição de gordura intramuscular é utilizado como fator de determinação de qualidade, apresentando correlação positiva com característica de suculência, maciez e sabor da carne (Savell et al,.1987; Smith et al., 1987). No entanto alguns estudos mostram que esta característica corresponde a apenas 3 a 10% da variação da maciez da carne bovina (Campion et al., 1975; Tatum et al., 1982), tendo efeito mais expressivo sobre a suculência e sabor (Miller, 1994).

Apesar de o termo marmorização especificar a presença de gordura visível sobre corte cárneo, a quantidade de gordura intramuscular inclui também os depósitos microscópicos dentro das células do músculo (Blumer 1963). Determinada pelo número e tamanho dos adipócitos intramusculares, o grau de deposição de gordura entre fibras musculares é dado em porcentagem e a avaliação de escore de marmorização é realizado de forma subjetiva na carcaça através de avaliação visual do músculo *Longissimus dorsi* na região entre a 11ª e 13ª costela (Dibiasi et al., 2010; Shiranita et al., 1998). Outra forma de avaliação pouco comum é através de imagens de ressonância magnética, realizada nos cortes cárneos onde a imagem obtida é baseada nos diferentes graus de ligação a que os átomos de hidrogênio são encontrados nos diversos tecidos de uma amostra (Santos et al., 2008). Além dos métodos de avaliação na carcaça e de cortes, há a possibilidade de avaliação *in vivo* do grau de

marmorização, por meio da utilização de ultrassonografia que permite predizer as características de carcaça importantes ao mercado de carne, monitorando a musculosidade e grau de acabamento possibilitando obter além do percentual de gordura como também a forma como a gordura está distribuída (Maciel et al., 2011).

Vários fatores de ordem genética e ambiental podem influenciar no padrão de deposição dos tecidos e constituintes corporais de bovinos, como grau de deposição de gordura entre os feixes de fibras, fatores como grupo genético, idade, classe sexual, sistemas de produção e nível nutricional afetam diretamente sobre esta característica (Coleman et al., 1993; Lohman, 1971). Nos últimos anos, às discussões sobre a qualidade de produtos alimentícios está cada vez mais associada à quantidade de informações que os consumidores têm sobre a nutrição humana e saúde, frente aos problemas relacionados à ingestão de determinados alimentos, além dos aspectos relacionados a prática de criação dos animais e seu bem-estar, destacando-se nesse contexto o produto cárneo (McAfee et al., 2010; Nuernberg et al., 2008; Vandendriessche, 2008). Por meio de informações coletadas através de pesquisas é que a indústria pode estimar as preferências do consumidor, e assim obter o perfil da carne e a influência que a sua variação pode exercer sobre ele, possibilitando a classificação da carne em categorias (Wheeler, 1990).

A identificação dos fatores relevantes dos animais e carcaças que tenham influência nas preferências dos consumidores, e, portanto possam ser utilizados como estimadores de qualidade sensoriais são fundamentais para toda a cadeia produtiva da carne, com impactos desde a bovinocultura de corte até o varejo e consumo da carne. Portanto o desenvolvimento e aprimoramento de um programa de classificação e tipificação de carcaças bovinas brasileira pode ser uma ferramenta importante para aumentar a valorização dos produtos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido em parceria com a Brazil Beef Quality (BBQ), startup financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por meio do programa de Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (PIPE 2016/15395-9), com sede na cidade de Piracicaba- SP, situada no endereço Avenida Limeira, 1131, ESALQ Tec.

3.1. Avaliação de carcaça

Para realização deste estudo foram utilizadas 120 carcaças bovinas das quais foram retirados o musculo *Longissimus thoracis et lumborum,* que posteriormente foi cortado em bifes em modelo de triplicata (totalizando 360 bifes), foram realizadas análises microbiológicas em uma parcela de todas as amostras garantindo desta forma a segurança alimentar dos participantes. Todas as carcaças foram avaliadas durante a execução do projeto de "Certificação Beef Quality: padronização de carne bovina para palatabilidade" desenvolvido pela startup BBQ, a qual tinha o objetivo de identificar melhores indicadores para qualidade de carne brasileira levando em conta as particularidades do sistema de produção nacional, com utilização dos parâmetros considerados definidores de qualidade da carcaça utilizados em sistemas desenvolvidos em outros países como Estados Unidos, Austrália e Canadá.

As carcaças eram oriundas de animais abatidos em frigoríficos comerciais do estado de São Paulo, os quais eram devidamente inspecionados de acordo com as normas previamente estabelecidas pelo MAPA. Em todas as coletas foram avaliadas as condições de abate, resfriamento e acidificação das carcaças, de modo que fosse possível monitorar e detectar possíveis falhas no processo que poderiam desencadear problemas como o encurtamento excessivo pelo frio ou calor (*cold and heat shortening*), que comprometeriam a qualidade do produto final, especialmente aspectos relacionados à maciez. Para controle da taxa de resfriamento e acidificação foram utilizados dois data loggers introduzidos logo após o abate na região do musculo *Longissimus thoracis et lumborum* (entre a 12º e 13 º costela) em duas carcaças, de cada abate, localizadas em pontos distintos dentro da câmera de resfriamento, e mantidos por um período de 24 horas, ou seja, durante o estabelecimento do *rigor mortis* (Figura 2).

Todas as carcaças foram avaliadas para obtenção de informações como raça e cruzamento (composição racial), condição sexual, sistema de terminação (pasto ou confinamento), peso da carcaça quente, dentição, conformação, acabamento, comprimento e largura de carcaça, espessura de gordura na região do *Longissimus thoracis et lumborum* (12ª e 13ª costela- EGS), ossificação, pH e temperatura final (após 24 horas), e marmorização, com a finalidade de obter o máximo de dados que posteriormente foram usados para divisão das amostras em categorias.

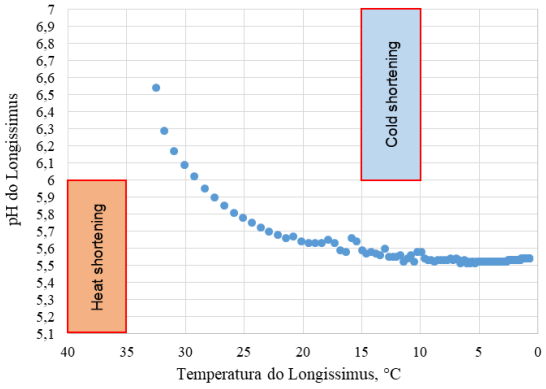


Figura 2. Curva de resfriamento e acidificação observada em carcaças bovinas até o estabelecimento do rigor mortis curva durante as análises nos frigoríficos.

3.2. Espessura de gordura subcutânea (EGS) e Gordura Intramuscular (GIM)

As medidas de EGS foram realizadas pela avaliação e classificação por escore visual da carcaça e em seguida medidas, em mm, na região do *Longissimus thoracis et lumborum* entre a 12ª e 13ª, a ¾ da região medial do bife sobre a superfície dorsal, com paquímetro digital, considerando 1-3 mm ausente ou escassa, ≥ 3-6 mm moderada e ≥ 6 mm uniforme ou excessiva.

A avaliação de grau de marmorização foi realizada no musculo *Longissimus thoracis et lumborum* após o mesmo ter sido retirado da carcaça. Media-se a proporção de gordura intramuscular visualmente com o auxílio de paletas de escore com padrão de referência AUS-MEAT com escala de 100-1100, onde, 100-300 referia-se a uma quantidade ausente ou traços > 300-600 ligeira e >600-1100 gordura intramuscular abundante (Figura 3).

Figura 3. Paleta de escore de referência de marmorização (100 ausente ou traços – 1100 abundante), padrão MEAT e MSA.

3.3. Avaliação da Maturidade da carcaça

A maturidade dos animais foi avaliada por meio de classificação visual de escore de ossificação dentro da câmara fria. Iniciada a observação pelas vertebras sacrais, seguida pelas lombares e torácicas, pontuadas de 100 a 590 com variação de 10 pontos, onde carcaças com escore na faixa de 100-160 eram classificadas como animais jovens, 170-350 animais adultos e 360-590 animais velhos. O parâmetro de classificação seguiu modelos já existentes em outros países como Austrália e Estados Unidos (MSA, 2011).

3.4. Amostras

Após 24 horas as carcaças seguiram para desossa, coletou-se o músculo *Longissimus dorsi*. Posteriormente, o músculo era segmentado em bifes com espessura de 2,5 cm, embalados individualmente a vácuo, identificados e divididos por localização da posição do *Longissimus*: cranial, intermediária e caudal, consistindo em um total de 360 amostras.

Os bifes foram armazenados em câmara fria em temperatura 1-4ºC e após cinco dias maturação (contados a partir do abate) eram congelados até a utilização nos testes sensoriais, o tempo de maturação levou em consideração a hipótese de simular o tempo aproximado que

está carne chegaria ao mercado. Todas as amostras foram utilizadas nas respectivas avaliações sensoriais com consumidores brasileiros.

3.5. Testes sensoriais

Os testes sensoriais foram autorizados pelo comitê de ética em pesquisa com envolvimento de seres humanos (CAAE: 68478017.9.0000.5395). Todas as análises sensoriais foram elaboradas para se obter respostas de consumidores não treinados do estado de São Paulo, ou seja, nenhum dos participantes foi submetido a treinamento prévio de degustação de carnes. Cada um dos testes foi planejado utilizando amostras que variavam significativamente para apenas uma característica de carcaça (condição sexual, espessura de gordura subcutânea, marmorização e ossificação).

Para serem utilizadas nos testes as amostras eram previamente descongeladas com 24 horas de antecedência em temperatura aproximada de 5 °C, em seguida cada bife recebeu o tratamento de salmoura preparada em concentração de 5% de NaCl seguindo então para cocção. As amostras foram grelhadas em churrasqueira a gás, tendo a sua temperatura interna de preparo monitorada por termopares até atingiram a temperatura de 63°C no centro geométrico do bife e visualmente podiam-se classificar as amostras, depois de preparadas, como carne “ao ponto” onde a sua coloração interna após cisalhamento era rosada. Posteriormente ao preparo às amostras eram segmentadas em formato de cubos para padronização dos cortes, e o mesmo era realizado em uma superfície acrílica com delimitação de tamanho de cada cubo, em seguida os cortes foram acondicionados em potes fechados evitando a perda de umidade e estes eram estocados em estufa para controlar, estabilizar e padronizar a temperatura, até que estas fossem servidas para os participantes em intervalo máximo de 50 minutos entre o preparo e a degustação.

O estudo contou com a participação de 695 pessoas, que para realização do teste eram selecionados previamente por meio de triagem, onde o candidato necessitava apresentar características e preferências mínimas para serem considerados aptos à pesquisa, os requisitos consistiam em:

- Apresentar idade entre 18 a 70 anos;
- Consumir carne bovina ao menos uma vez na semana;

- Consumir preferencialmente carne bovina preparada “ao ponto”.

A triagem foi aplicada com o objetivo de evitar interferências de gostos pessoais em relação à forma de preparo das amostras e aos hábitos alimentares dos consumidores, sendo assim cada participante avaliaria a carne levando em consideração o atributo do estudo em questão. A delimitação da idade dos participantes atendeu as normas do comitê de ética de experimentação com humanos do estado de São Paulo. Após a triagem eram coletadas informações gerais dos participantes como: sexo, idade, escolaridade e classe socioeconômica e antes de iniciar os testes todos os participantes eram orientados a assinar o termo de consentimento declarando estar ciente das condições impostas na pesquisa, além de declarar participação de caráter voluntario.

Foram realizados 20 ensaios sensoriais no total, sendo o experimento para as características espessura de gordura subcutânea, para marmorização, ossificação e condição sexual, compostos de quatro, três, oito e cinco testes, respectivamente. O desenho experimental para as análises sensoriais foi em quadrado latino 6 x 6 (Figura 4), sendo seis pares de consumidores e seis amostras distintas com ordem determinada de degustação. Cada ensaio teve três etapas, e em cada etapa uma porção do músculo *Longissimus*: cranial, intermediária e caudal. Cada uma das etapas contava com a participação de 12 consumidores (seis pares) totalizando em cada ensaio a participação de 36 pessoas. No entanto em um dos ensaios de espessura de gordura subcutânea houve a participação de apenas 12 consumidores, e em um de condição sexual apenas 35 pessoas participaram.

Para a realização do teste os consumidores contavam com uma ficha de avaliação das amostras de carne individual, o modelo das fichas era em escala semiestruturada para classificação de maciez, sabor, suculência e satisfação geral (Figura 5). A ficha contava também com uma questão para classificação da carne em: insatisfatório, bom para o dia-a-dia, muito bom ou excelente. Portanto, para cada amostra houve coleta 36 observações para essas características e classificação da qualidade da carne.

Para avaliação os participantes recebiam sete amostras, distribuídas em quadrado latino balanceados para vizinhança, o qual considera os efeitos de posição do produto e residuais do teste sensorial (Sanches; Zocchi, 2010). Deste modo a única amostra provada em ordem comum era a primeira, denominada amostra padrão (standardised benchmark) e selecionada para esta função quando apresentava valores intermediários para característica de carcaça em estudo (Tabelas 2-5). Com este formato todas as amostras foram provadas apenas

uma vez em cada posição de avaliação, e foram precedidas e antecedidas por cada amostra apenas uma vez (Figura 6). Os testes ocorreram prioritariamente entre 9:00 e 11:00 horas da manhã, e entre 14:00 e 17:00 horas. Todas as informações das características de carcaças, bem como as informações dos testes sensoriais foram tabeladas em planilhas eletrônicas.

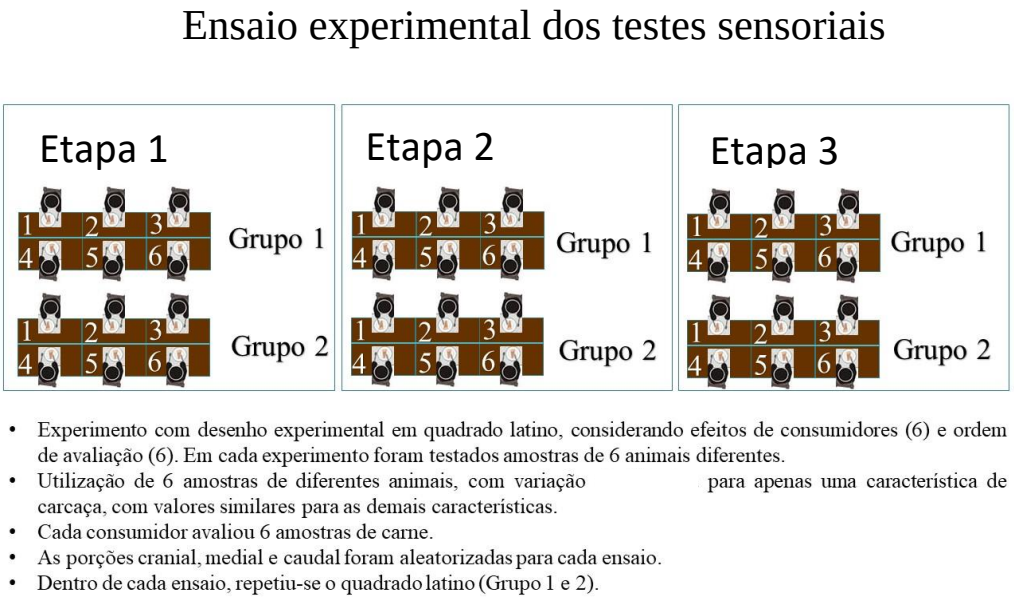
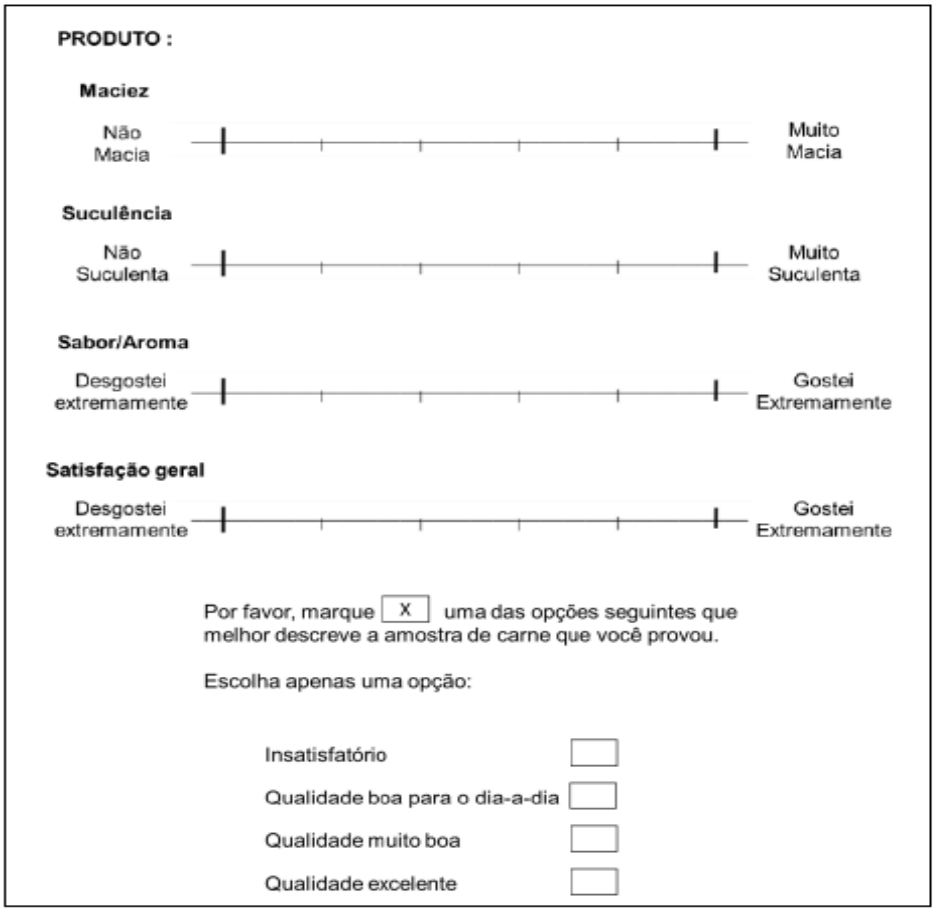


Figura 4. Ilustração do ensaio experimental utilizado para os testes sensoriais com mensuração dos efeitos das características de carcaças sobre a qualidade sensorial das carnes bovinas


PRODUTO :

Maciez

Não Macia — Muito Macia

Suculência

Não Suculenta — Muito Suculenta

Sabor/Aroma

Desgostei extremamente — Gostei Extremamente

Satisfação geral

Desgostei extremamente — Gostei Extremamente

Por favor, marque [X] uma das opções seguintes que melhor descreve a amostra de carne que você provou.

Escolha apenas uma opção:

- Insatisfatório [ ]
- Qualidade boa para o dia-a-dia [ ]
- Qualidade muito boa [ ]
- Qualidade excelente [ ]

Figura 5. Modelo da ficha de avaliação utilizada pelos consumidores

1	2	3	4	5	6
2	4	1	6	3	5
3	1	5	2	6	4
4	6	2	5	1	3
5	3	6	1	4	2
6	5	4	3	2	1

Figura 6. Distribuição das amostras no quadrado latino, considerado coluna e linha como consumidor e posição de avaliação, e as amostras distribuídas dentro do quadrado latino.

As informações de característica de carcaça consideradas importantes para explicar diferenças que poderiam aparecer na análise sensorial, principalmente sob o atributo maciez, em cada um dos estudos estão descritos nas Tabelas 2 a 5, assim como os valores mínimos, máximos e médios de cada um dos ensaios.

Tabela 2. Dados das características de carcaça referentes aos ensaios sobre impacto da gordura intramuscular (GIM) no músculo *Longissimus thoracis* (12 - 13ª costela) na avaliação do consumidor para atributos sensoriais de qualidade da carne bovina.

	Ensaio 1 (r=36; n=3)			Ensaio 2 (r=36; n=3)			Ensaio 3 (r=36; n=3)		
CS	F			MC			MC		
CR	Angus			Nelore			Nelore		
	min.	**máx.**	**méd**	**min.**	**máx.**	**méd**	**min.**	**máx.**	**méd**
GIM	100	420	263,3	100	350	201,7	100	300	196,7
Ossif.	180	230	193,33	160	200	183,33	150	190	178,33
PC	200	244	223,5	252	284	265,75	262,5	271,5	267,08
Acab.	5	8	6,5	4	6	5	4	5	4,66
pH	5,46	5,56	5,49	5,31	5,51	5,39	5,6	5,8	5,63
EGS	3,7	5,5	4,56	1,4	3,7	2,63	2,9	6,5	3,95

GIM= Gordura intramuscular (100 – 1100 no sistema australiano - AUS-MEAT); CS= condição sexual (F = fêmea; MC = macho castrado; MI = macho inteiro); CR= composição racial; Ossif.= Ossificação (100 – 590 no sistema australiano - AUS-MEAT); PC= peso de carcaça quente (kg); Acab.= acabamento; EGS= espessura de gordura subcutânea; valores entre parênteses (r = número de replicatas; n = número de repetições)

Tabela 3. Dados das características de carcaça referentes aos ensaios sobre impacto da espessura de gordura subcutânea (EGS) no músculo *Longissimus thoracis* (12 - 13ª costela) na avaliação do consumidor para atributos sensoriais de qualidade da carne bovina.

	Ensaio 1 (r= 12; n=1)			Ensaio 2 (r=36; n=3)			Ensaio 3 (r=36; n=3)			Ensaio 4 (r=36; n=3)		
CS	MI			MC			F			MC		
CR	Nelore			Nelore			F1 angus_nelore			Nelore		
	min.	**máx.**	**méd**	**min.**	**máx.**	**méd**	**min.**	**máx.**	**méd**	**min.**	**máx.**	**méd**
EGS	1,5	5,3	3,78	1,0	8,0	3,9	4,0	12,0	5,7	0,8	4,9	2,8
Ossif.	200	230	210	140	200	168,33	180	190	185	150	180	168,55
PC	257	349	305,1	255	275	263,4	221	249,5	236,33	263	314,5	285,2
Acab.	2	4	3,33	4	6	5	5	9	6,66	4	6	5,5
pH	5,4	5,5	5,44	5,29	5,5	5,4	5,5	5,7	5,61	5,5	5,79	5,64
GIM	100	100	100	100	150	121,7	220	450	340	140	200	166,7

GIM= Gordura intramuscular (100 – 1100 no sistema australiano - AUS-MEAT); CS= condição sexual (F = fêmea; MC = macho castrado; MI = macho inteiro); CR= composição racial ; Ossif.= Ossificação (100 – 590 no sistema australiano - AUS-MEAT); PC= peso de carcaça quente (kg); Acab.= acabamento; EGS= espessura de gordura subcutânea; valores entre parênteses (r = número de replicatas; n = número de repetições)

Tabela 4. Dados das características de carcaça referentes aos ensaios sobre impacto da categoria sexual (CS) no músculo *Longissimus thoracis* na avaliação do consumidor para atributos sensoriais de qualidade da carne bovina.

	Ensaio 1 (r=36; n=3)			Ensaio2 (r=36; n=3)			Ensaio3 (r=36; n=3)			Ensaio 4 (r=36; n=3)			Ensaio 5 (r=36; n=3)		
CS	MC-MI			F-MC			F-MI			F-MI-MC			F-MC		
CR	Nelore			Angus			Ang_Nel			Ang_Nel/Cruz_brita/ cruz_cont			Ang_Ne/ cruz_Nel		
	min.	**máx.**	**méd**	**min.**	**máx.**	**méd**	**min.**	**máx.**	**méd**	**min.**	**máx.**	**méd**	**min.**	**máx.**	**méd**
Ossif.	290	340	308,3	160	190	181,6	140	180	166,6	120	190	166,6	170	200	183,3
PC	284	355	320,2	216	290	243,4	231	255	240,7	244	308	268,2	201,5	265	235,2
Acab.	4	6	5,2	4	9	5,16	4	7	5,5	2	7	5,5	4	6	5,33
pH	5,3	5,82	5,63	5,48	5,62	5,53	5,5	5,73	5,64	5,5	5,73	5,66	5,51	5,84	5,66
EGS	2	6	4,33	2	9,7	5,78	2	8	4,21	2	10	4,95	2	10	5,75
GIM	100	300	170	330	420	371,6	100	200	168,3	120	250	181,6	140	340	223,3

GIM= Gordura intramuscular (100 – 1100 no sistema australiano - AUS-MEAT); CS= condição sexual (F = fêmea; MC = macho castrado; MI = macho inteiro); CR= composição racial ; Ossif.= Ossificação (100 – 590 no sistema australiano - AUS-MEAT); PC= peso de carcaça quente (kg); Acab.= acabamento; EGS= espessura de gordura subcutânea; valores entre parênteses (r = número de replicatas; n = número de repetições)

Tabela 5. Dados das características de carcaça referentes aos ensaios sobre impacto da ossificação (OSSIF) no músculo *Longissimus thoracis* na avaliação do consumidor para atributos sensoriais de qualidade da carne bovina.

	Ensaio 1 (r=36; n=3)			Ensaio 2 (r=35;n=3)			Ensaio 3 (r=36; n=3)			Ensaio 4 (r=36; n=3)			Ensaio 5 (r=36; n=3)			Ensaio 6 (r=36; n=3)			Ensaio 7 (r=36; n=3)			Ensaio 8 (r=36; n=3)		
CR	Cruz_brit			Cruz_brit			Nelore			Nelore			Nelore			Nelore			Nelore			Nelore		
CS	MI			F			F			F			MI			MC			MI			MC		
	min.	**máx.**	**méd**	**min.**	**máx.**	**méd**	**min.**	**máx.**	**méd**	**min.**	**máx.**	**méd**	**min.**	**máx.**	**méd**	**min.**	**máx.**	**méd**	**min.**	**máx.**	**méd**	**min.**	**máx.**	**méd**
Ossif.	140	380	243,3	130	270	193,3	180	400	285	140	250	166,7	110	230	228,3	140	390	231,7	120	300	186,7	120	300	190
PC	284,5	368,8	330,1	216	257	237,3	178,1	189,8	184,6	155,2	179,3	167,8	303	313	306,7	261	293,5	274,2	230,5	463,5	313,6	253	356	290,9
Acab.	2	7	4,33	7	7	7	6	9	7,5	4	2	5,16	4	7	5,33	2	6	4,5	2	6	4,66	4	7	5,33
pH	5,41	5,69	5,52	5,58	5,83	5,7	5,37	5,72	5,54	5,39	5,54	5,46	5,8	6,16	5,99	5,58	6,65	5,83	5,57	6,07	5,69	5,44	5,71	5,58
EGS	3	5	4,4	5	6	5,66	2,2	6	4,45	1,3	3,4	2,71	2	5	3,25	2,5	4,1	3,08	1	5	3,6	1	8	4,05
GIM	100	240	146,6	170	380	296,7	100	270	176,7	100	160	120	100	340	186,7	100	130	120	100	170	140	100	300	183,3

GIM= Gordura intramuscular (100 – 1100 no sistema australiano - AUS-MEAT); CS= condição sexual (F = fêmea; MC = macho castrado; MI = macho inteiro); CR= composição racial; Ossif.= Ossificação (100 – 590 no sistema australiano - AUS-MEAT); PC= peso de carcaça quente (kg); Acab.= acabamento; EGS= espessura de gordura subcutânea; valores entre parênteses (r = número de replicatas; n = número de repetições)

.

3.6. Análise Estatística

A avaliação dos consumidores para os diferentes atributos foi medida em escala de 0 a 100 (Satisfação geral: 0 = extremamente insatisfeito e 100 = extremamente satisfeito; Maciez: 0= extremamente dura e 100= extremamente macia; Sabor: 0= sabor extremamente desagradável e 100= sabor extremamente agradável; Suculência: 0= extremamente seca e 100= extremamente suculenta) e as respostas analisadas através de regressão. O nível de aceitabilidade de consumidores foi considerado utilizando os seguintes limites para análise: escores menores que 50 = não aceitável (escore 0%) e escores maiores que 60 = aceitável (escore 100%).

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, sendo o fator de blocagem a região do músculo *Longissimus*. As análises consideraram os efeitos fixos da quantidade de GIM, EGS, ossificação da carcaça e condição sexual.

Os resultados da avaliação sensorial por consumidores comuns foram processados através de análise de regressão (linear, quadrática e cúbica), e a demonstração dos resultados quando significativos baseou-se no valor de P, e quando não havia diferença foram demonstrados os valores do coeficiente de determinação do modelo cúbico por este ser o modelo mais complexo avaliado.

Os resultados das avaliações por categorias das variáveis independentes foram avaliados pela análise de variância e a diferença estatística entre as médias, a 5% de significância, foi determinada pelo teste de Tukey.

4 RESULTADOS

4.1. Perfil socioeconômico dos participantes das análises sensoriais

O perfil dos 695 consumidores participantes dos testes sensoriais (Tabela 2) mostra a distribuição de 61,68% e 36,60% consumidores que declaram-se do sexo masculino e feminino, respectivamente. A maior parte dos participantes declarou idade > 36 anos (47,34%) e a faixa etária de menor proporção foi de pessoas idade entre 18-21 anos (6,9%). Em relação à escolaridade, 46,61 % declarou ter ensino superior completo, e apenas 3,02% não eram alfabetizados. A classe socioeconômica predominante calculada com base na metodologia do Critério Brasil de Classificação Econômica (CBCE) entre os participantes foi A e B, com 26,91 e 53,10% respectivamente, representando aproximadamente 80% dos participantes.

Tabela 6. Perfil da população participante dos testes sensoriais

Características	Estudo	Brasil
	%	
Sexo		
Feminino	36,60	51
Masculino	61,68	49
s/inf.	1,72	--
Idade		
18-20	6,9	7,20
21-35	42,59	22,10
>36	47,34	70,70
s/inf	3,17	--
Escolaridade		
AF1	3,02	9,60
E.F C/I	17,71	64
MC/SI	32,23	24,30
SC	46,61	11,30
s/inf	0,43	--
Classe social		
A	26,91	2,70
B1	53,10	23,10
C1	17,98	47,50
D/E	2,01	26,70

Escolaridade: A/F1I=Analfabeto e/ou Fundamental incompleto; E.F C/I= ensino fundamental completo ou incompleto; MC/SI= Ensino médio completo e/ou Superior incompleto; SC=Superior completo.
Classe social: A - 20 SM; B 10 - 20 SM; C= 4- < 10 SM; D/ 2 - < 4 SM. SM=Salário mínimo. Porcentual de participantes que não completaram as informações solicitadas= s/inf.

4.2. Análise das respostas dadas pelos consumidores nos estudos sobre o impacto da gordura intramuscular, espessura de gordura subcutânea e ossificação sobre atributos de qualidade da carne

As respostas dos consumidores referentes aos atributos sensoriais de qualidade de carne foram avaliadas por meio de analise de regressão (Tabela 7).

Tabela 7. Regressão entre a avaliação do consumidor para atributos sensoriais de qualidade de carne bovina e diferentes níveis de gordura intramuscular, espessura de gordura subcutânea e ossificação.

	Fator de variação					
	GIM (N = 108)		**EGS (N=120)**		**OSSIF. (N=287)**	
	r^2	**p**	**r^2**	**p**	**r^2**	**p**
Maciez	0,170 [3]	0,023	0,177 [3]	0,004	0,064 [3]	0,024
Sabor	0,069 [3]	0,304	0,054 [1]	0,049	0,058 [3]	0,036
Suculência	0,087 [3]	0,200	0,091[2]	0,036	0,047 [2]	0,033
S. Geral	0,115 [3]	0,103	0,069 [1]	0,026	0,067 [3]	0,020

GIM=gordura intramuscular (100= traços -1100= abundante); EGS= espessura de gordura subcutânea; OSSIF= ossificação (100= animais jovens - 590 animais velhos); Maciez (0= não macia – 100= muito macia); Sabor (0= desgostei extremamente – 100= gostei extremamente); Suculência (0= não suculenta- 100= muito suculenta); S. Geral= satisfação geral (0 = desgostei extremamente- 100 = gostei extremamente).
N= número de consumidores participantes.
Valores entre parênteses significam correlações linear (1), quadrática (2) ou cúbica(3) entre as variáveis de carcaça e atributos de qualidade da carne.

O parâmetro maciez apresentou regressão cúbica estatisticamente significativa (P<0,05) para todos os experimentos. Para os parâmetros sabor e satisfação geral foram observadas regressão linear e cúbica estatisticamente significativas (P<0,05) para os experimentos envolvendo espessura de gordura subcutânea (EGS) e ossificação. Quanto à suculência, a regressão quadrática foi estatisticamente significativa para EGS e ossificação. Embora as regressões tenham sido estabelecidas entre a maior parte dos atributos sensoriais e de carcaça, os coeficientes de determinação foram muito baixos, indicando que as correlações existentes não estabelecem uma associação entre as características de carcaça avaliadas e os atributos sensoriais de qualidade de carne.

4.3. Análise das respostas dadas pelos consumidores no experimento considerando diferentes condições sexuais

Não foram observadas diferenças estatísticas significativas (P<0,05) para maciez, sabor, suculência e satisfação geral (Tabela 8).

Tabela 8. Avaliação por consumidores não treinados de atributos de qualidade sensoriais do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* bovino provenientes de carcaças pertencentes a diferentes condições sexuais.

Item	Condição Sexual (N= 179)			EPM	Valor de P
	Fêmeas	M. Castrados	M. Inteiros		
Maciez	55,51	58,16	53,34	2,34	0,37
Sabor	56,58	59,67	57,37	1,92	0,47
Suculência	54,23	56,64	53,07	1,91	0,41
S. Geral	55,93	58,59	55,80	2,01	0,53

EPM= erro padrão da media; Maciez (0= não macia – 100= muito macia); Sabor (0= desgostei extremamente – 100= gostei extremamente); Suculência (0= não suculenta- 100= muito suculenta); S. Geral= satisfação geral (0 = desgostei extremamente- 100 = gostei extremamente).
N= número de consumidores participantes.
M. castrados= machos Castrados; M. Inteiros = machos inteiros.
Diferença estatística significativa P<0,05

Não foram encontradas diferenças estatísticas significativas considerando a aceitabilidade dos consumidores neste ensaio (Tabela 9), entretanto notas médias superiores para a maioria dos parâmetros e acima de 50% de aceitabilidade foram obtidas por amostras pertencentes a carcaças de animais machos castrados. A variação entre grupos de consumidores (unidades experimentais com 12 consumidores) e a composição complexa de fatores de qualidade que afetam a percepção do consumidor demonstra a dificuldade de predizer qualidade desejada baseada em parâmetros únicos de carcaça.

Tabela 9. Nível de aceitabilidade dos consumidores não treinados para atributos de qualidade sensoriais do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* bovino provenientes de carcaças pertencentes a diferentes condições sexuais.

Item	Tratamentos			EPM	Valor de P
	Fêmeas	M. Castrados	M. Inteiros		
Maciez	48,15	63,64	35,29	10,79	0,22
Sabor	54,55	79,17	71,43	10,54	0,20
Suculência	45,83	52,94	38,89	11,56	0,72
S. Geral	53,85	70,83	58,33	12,32	0,47

EPM= erro padrão da media; Maciez (0= não macia – 100= muito macia); Sabor (0= desgostei extremamente – 100= gostei extremamente); Suculência (0= não suculenta- 100= muito suculenta); S. Geral= satisfação geral (0 = desgostei extremamente- 100 = gostei extremamente).
M. castrados= machos Castrados; M. Inteiros = machos inteiros.
Diferença estatística significativa P<0,05

4.4. Categorização em classes conforme as medidas coletadas das carcaças para os estudos de EGS, GIM e ossificação.

Dentro de cada um dos experimentos as amostras foram classificadas em categorias, graus e níveis diferentes nas carcaças que correspondem a expectativas de impacto na qualidade da carne, com objetivo de verificar a ocorrência de diferenças na resposta do consumidor às categorias selecionadas.

Nos ensaios que tinham como parâmetro diferentes espessuras de gordura subcutânea (Tabela 10), as carcaças foram divididas pela medida em mm da EGS, sendo classificadas em ausente ou escassa quando apresentavam medida de 1 - 3 mm, mediana com ≥ 3 - 6 mm e uniforme ou excessiva quando possuíam medidas ≥ 6 mm. Com base nas respostas dadas pelos consumidores observa-se que apenas para os atributos maciez e suculência foram encontradas diferenças estatísticas significativas (P<0,05) entre as espessuras de gordura avaliadas, embora os dois outros atributos tenham apresentado a mesma tendência com crescimento dos escores nas categorias de maior EGS. Para ambos os atributos observou-se melhores respostas a amostras de carcaças com EGS ≥ 6 e notas menores foram observadas em amostras com EGS 1 - 3 mm, já as amostras com EGS ≥ 3 - 6mm não diferiram estatisticamente das outras duas categorias.

Tabela 10. Avaliação por consumidores não treinados de atributos de qualidade sensoriais do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* bovino provenientes de carcaças pertencentes a diferentes categorias de medidas de espessura de gordura subcutânea

Item	**Classificação por EGS**			**EPM**	**Valor de P**
	1-3 mm	**≥ 3 - 6 mm**	**≥ 6mm**		
Maciez	48,56 [b]	55,45 [ab]	62,26 [a]	2,79	<0,01
Sabor	52,26	55,24	59,13	3,44	0,07
Suculência	49,55 [b]	55,44 [ab]	57,65 [a]	3,51	0,02
S. Geral	50,98	55,05	58,22	3,00	0,06

EPM= erro padrão da media; Maciez (0= não macia – 100= muito macia); Sabor (0= desgostei extremamente – 100= gostei extremamente); Suculência (0= não suculenta- 100= muito suculenta); S. Geral= satisfação geral (0 = desgostei extremamente- 100 = gostei extremamente).
a,b Letras diferentes correspondem a diferenças estatísticas encontradas.
1-3 mm = gordura ausente ou escassa; ≥3-6 mm= gordura mediana; ≥6 mm gordura uniforme ou excessiva.
Diferença estatística significativa P<0,05

As amostras oriundas de carcaças com maior EGS (≥ 6mm) foram as que apresentaram maiores níveis de aceitabilidade para todos os atributos avaliados exceto para

sabor, diferindo estatisticamente (P< 0,05) do grupo com menor EGS (Tabela 11). Contudo, a medida intermediária de EGS, apesar de apresentar notas médias superiores ao grupo de menor EGS não diferiu estatisticamente das outras duas classes.

Tabela 11. Nível de aceitabilidade dos consumidores não treinados para atributos de qualidade sensoriais do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* bovino provenientes de carcaças pertencentes a diferentes EGS.

Item	**Classificação por EGS**			**EPM**	**Valor de P**
	1-3 mm	**≥3 - 6 mm**	**≥6mm**		
Maciez	31,31[b]	55,71[ab]	86,24 [a]	15,85	0,01
Sabor	39,55	51,34	75,31	21,78	0,18
Suculência	31.87[b]	54.90[ab]	87.43[a]	18,15	0,04
S. Geral	38.97 [b]	54.49 [ab]	94.19 [a]	19,12	0,02

EPM= erro padrão da media; Maciez (0= não macia – 100= muito macia); Sabor (0= desgostei extremamente – 100= gostei extremamente); Suculência (0= não suculenta- 100= muito suculenta); S. Geral= satisfação geral (0 = desgostei extremamente- 100 = gostei extremamente).
a,b Letras diferentes correspondem a diferenças estatísticas encontradas.
EGS: 1 - 3 mm = gordura ausente ou escassa; ≥ 3 - 6 mm= gordura mediana ; ≥ 6mm gordura uniforme ou excessiva.
Diferença estatística significativa P<0,05

O ensaio que avaliava diferentes graus de marmorização foi categorizado conforme o escore visual, sendo a classificação de 100-300 representando a presença de gordura intramuscular ausente ou traços e > 300 – 600 ligeira ou modesta, não tendo amostras dentro do escore abundante (> 600) nos estudos em questão. Os dados obtidos (Tabela 12) demonstram que houve diferença estatística significativa (P<0,05) apenas para o atributo maciez, onde as maiores notas foram obtidas em amostras com presença ligeira ou modesta (> 300 - 600), e para os demais atributos não foram observadas diferenças estatísticas significativas.

Tabela 12. Avaliação por consumidores não treinados de atributos de qualidade sensoriais do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* bovino provenientes de carcaças pertencentes a diferentes categorias de escore de quantidade de gordura intramuscular

Item	Classificação por GIM		EPM	Valor de P
	100 - 300	> 300 - 600		
Maciez	50,62	59,10	2,66	0,04
Sabor	53,70	58,07	2,62	0,22
Suculência	50,98	56,58	2,77	0,14
S. Geral	52,16	57,89	2,87	0,13

EPM= erro padrão da media; Maciez (0= não macia – 100= muito macia); Sabor (0= desgostei extremamente – 100= gostei extremamente); Suculência (0= não suculenta- 100= muito suculenta); S. Geral= satisfação geral (0 = desgostei extremamente- 100 = gostei extremamente).
GIM: 100 - 300 = presença de gordura intramuscular ausente ou traço; > 300 - 600 = presença de gordura intramuscular ligeira ou moderada. Diferença estatística significativa P<0,05.

Com base na avaliação por aceitabilidade foi possível observar que não houve diferença estatística significativa (P<0,05), embora com exceção de sabor, todos os atributos apresentaram tendência de maior número de consumidores com, no mínimo, ligeiro grau de aceitabilidade para amostras com escore mais elevado de GIM (Tabela 13).

Tabela 13. Nível de aceitabilidade dos consumidores não treinados para atributos de qualidade sensoriais do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* bovino provenientes de carcaças pertencentes a diferentes escores de GIM.

Item	Classificação por GIM		EPM	Valor de P
	100-300	>300-600		
Maciez	26,92	75,00	15,93	0,06
Sabor	47,36	64,21	18,89	0,51
Suculência	28,57	66,67	14,02	0,08
S. Geral	36,64	80,50	16,14	0,07

EPM= erro padrão da media; Maciez (0= não macia – 100= muito macia); Sabor (0= desgostei extremamente – 100= gostei extremamente); Suculência (0= não suculenta- 100= muito suculenta); S. Geral= satisfação geral (0 = desgostei extremamente- 100 = gostei extremamente).
GIM: 100 - 300 = presença de gordura intramuscular ausente ou traço; > 300 - 600 = presença de gordura intramuscular ligeira ou moderada.
Diferença estatística significativa P<0,05.

O ensaio que considerava a resposta dos consumidores frente a diferentes graus de ossificação das carcaças, as amostras foram categorizadas em três classes: 100 - 160 animais jovens, 170 - 350 animais adultos e > 360 animais velhos (Tabela 14). A resposta do consumidor aos diferentes atributos sensoriais de modo geral apresentou comportamento semelhante para todas as características exceto para sabor. Diferentes escores de ossificação apenas diferiram nas respostas quando comparadas entre animais adultos e velhos e quando

comparou-se animais jovens as demais categorias não foram observadas diferenças nas respostas.

Tabela 14. Avaliação por consumidores não treinados de atributos de qualidade sensoriais do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* bovino provenientes de carcaças pertencentes a diferentes categorias de escores de ossificação das carcaças

Item	Classificação por Ossificação			EPM	Valor de P
	100 - 160	170 - 350	> 360		
Maciez	52,76 $_{ab}$	57,33 $_{a}$	46,78 $_{b}$	2,62	0,03
Sabor	56,11	57,58	50,96	2,26	0,19
Suculência	53,76 $_{ab}$	56,36 $_{a}$	47,55 $_{b}$	2,26	0,05
S. Geral	54,58 $_{ab}$	57,77 $_{a}$	50,47 $_{b}$	1,67	0,02

EPM= erro padrão da media; Maciez (0= não macia – 100= muito macia); Sabor (0= desgostei extremamente – 100= gostei extremamente); Suculência (0= não suculenta- 100= muito suculenta); S. Geral= satisfação geral (0 = desgostei extremamente- 100 = gostei extremamente).
Ossificação: 100-160= animais jovens; 170-350= animais adultos; >360= animais velhos.
a, b Letras diferentes correspondem a diferenças estatísticas
Diferença estatística significativa P<0,05.

A avaliação segundo o nível de aceitabilidade dos participantes com base em diferentes escores de ossificação não apresentou diferença estatística significativa para nenhuma das características sensoriais da carne (Tabela 15). Apesar da não diferença estatística, neste experimento o nível de aceitabilidade mínimo de 50 % dos consumidores foi observado para a categoria classificada como animais adultos (170-350), embora a variação e níveis de aceitabilidade baixos tenham novamente demonstrado dificuldade de predição de qualidade desejada considerando apenas uma característica da carcaça.

Tabela 15. Nível de aceitabilidade dos consumidores não treinados para atributos de qualidade sensoriais do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* bovino provenientes de carcaças pertencentes a diferentes ossificações.

Item	Classificação por Ossificação			EPM	Valor de P
	100-160	170-350	>360		
Maciez	38,05	58,86	18,25	13,65	0,12
Sabor	58,55	58,32	39,01	13,21	0,64
Suculência	40,73	42,21	23,39	12,92	0,32
Geral	44,79	59,54	35,24	12,78	0,36

EPM= erro padrão da media; Maciez (0= não macia – 100= muito macia); Sabor (0= desgostei extremamente – 100= gostei extremamente); Suculência (0= não suculenta- 100= muito suculenta); S. Geral= satisfação geral (0 = desgostei extremamente- 100 = gostei extremamente). Ossificação: 100-160= animais jovens; 170-350= animais adultos; >360= animais velhos. Diferença estatística significativa P<0,05.

5. DISCUSSÃO

As características de carcaça como GIM, EGS e ossificação interferiram em atributos sensoriais da carne bovina a partir da pontuação qualitativa de painéis sensoriais de consumidores comuns.

Os atributos sensoriais maciez, sabor e suculência têm sido associados às características de carcaça como GIM, EGS e ossificação, que seriam determinantes da sua percepção pelo consumidor, destacando-se principalmente a maciez. Todavia, nas condições deste trabalho não foi encontrada associação elevada entre as características isoladas e a avaliação de maciez, pois embora estatisticamente significativas as regressões apresentaram coeficientes de determinação baixos (Tabela 7).

A associação entre níveis de GIM e avaliação da maciez, embora tenha demonstrado uma regressão estatisticamente significativa (Tabela 7), não pode ser considerada relevante uma vez que o coeficiente de determinação foi baixo. Para os outros atributos sensoriais, as regressões não foram significativas. No entanto, quando separadas categorias de GIM, a avaliação de maciez foi superior para amostras com presença ligeira ou modesta de GIM (Tabela 12), enquanto o nível de aceitabilidade de consumidores para maciez, suculência e satisfação geral apresentou tendência a atingir percentuais superiores para amostras com esta mesma característica (Tabela 13).

Em conjunto, os resultados corroboram com relatos que identificaram relações baixas a moderadas entre a quantidade de GIM com medidas de força de cisalhamento e palatabilidade da carne bovina (Blumer, 1963; Pearson, 1966; Jones; Tatum, 1994). Essas variáveis apresentaram aproximadamente 3-5% da sua variação correlacionada com diferença da quantidade do GIM (Crouse et al., 1978; Parrish, 1974; Campion et al., 1975). Estes últimos autores relataram que apenas 8 % da variação das notas obtidas em painel sensorial poderia ser explicada pelo nível de GIM. Os resultados obtidos são contrários aos relatos do sabor e suculência como atributos altamente correlacionados com a quantidade de gordura presente na carne (Cho et al., 2017; Van Ba et al., 2016). Esta relação positiva entre GIM, sabor e suculência já foi estabelecida por painéis de consumidores comuns, embora estes tenham recebido amostras com variação bem mais elevada na marmorização (entre traço/ligeira à moderadamente abundante/abundante) sendo consumidores estadunidenses (Corbin et al., 2015; Emerson et al, 2013; Hunt et al., 2014; O'Quinn et al., 2012; Thompson,

2004), cujo sistema de classificação privilegia carne para consumo com elevada gordura intramuscular.

Por outro lado, os dados demonstram a superioridade da avaliação de maciez e uma tendência de melhor aceitabilidade de consumidores para os atributos, exceto sabor, com GIM ligeiro ou modesto em comparação com ausência ou traços de GIM (Tabela 13). Portanto, o impacto positivo do aumento GIM nos atributos sensoriais corrobora parcialmente com dados dos trabalhos citados, desde que haja alteração do grau de marmorização, embora sem uma associação determinante com níveis crescentes de GIM dentro da faixa estudada que não apresentou amostras com escore superior a 600 que na classificação AUS-MAS a qual considera carne com GIM abundante. A janela de palatabilidade demostra que o incremento de pelo menos 1-3% de extrato etéreo do *Longissimus* (GIM- representando de ausente para ligeiro) (Savell;Cross, 1988).

A possibilidade de grau de marmorização (GIM) alterar percepção de maciez com impacto na avaliação de suculência, e, por conseguinte na satisfação geral, aparece no conjunto das análises, embora a diferença estatística encontrada na avaliação de GIM para o atributo maciez foi verificada apenas em amostras com escore de GIM > 300-600 (Tabela 12). Esses resultados discordam de outras pesquisas que ressaltam a existência de correlação positiva entre todos os atributos sensoriais da carne bovina e o conteúdo de GIM, aumentando significativamente as notas obtidas em painéis sensoriais, principalmente sobre o atributo maciez (Thompson, 2002; Smith, 2001), ou com a associação de nível de marmorização com aumento da suculência, sabor e palatabilidade geral da carne bovina (Killinger et al., 2004; O'Quinn et al., 2012). Por outro lado, o impacto mais relevante para maciez foi relacionado com a ruptura da estrutura do perimísio para amostras com alto grau de marmorização em níveis superiores a 8% de extrato etéreo presente em carne com grau de marmorização > 600 ou acima de moderado (Nishimura et al., 1999)

Não houve associação determinante entre os níveis crescentes de EGS e os atributos sensoriais (Tabela 7). Todavia, as amostras advindas de carcaças com maior EGS (≥ 6 mm) foram as que receberam maiores notas e diferiram estaticamente das amostras com menor EGS (1-3 mm) para os atributos maciez e suculência, no entanto a medida intermediária (≥ 3-6 mm) desta característica não diferiu dos demais grupos (Tabela 10). A grande diferença pode ser a uniformidade de boa cobertura de gordura com valores mais elevados de EGS, que seriam suficientes para que o grupo de maior EGS tivesse melhores avaliações de maciez e

suculência em relação ao grupo de menor EGS. Existe relato que estabelece a EGS como intimamente relacionada com a melhora na palatabilidade devido a seu efeito sobre a taxa de resfriamento *post mortem* (Tatum; Smith, 1982), além da observação de que carcaças com cobertura de gordura adequada e com adequado grau de marmorização (em boa parte bem relacionados em animais precoces para terminação) tendem a apresentar melhores notas para maciez quando avaliadas objetivamente e subjetivamente (Smith, 2001). O incremento da EGS de 1,27 mm para 8,9 mm foi suficiente para aumento da medida de comprimento de sarcômero e melhor avaliação da carne (Bowling et al., 1977), enquanto amostras com menos de 5,08 mm de EGS sobre o músculo *Longissimus* na 12ª costela apresentaram os maiores valores de força de cisalhamento e piores avaliações sensoriais para maciez, sabor e palatabilidade geral comparadas com amostras oriundas de carcaças com pelo menos 7,62 mm de EGS (Tatum; Smith, 1982). Relatos que demonstram baixa associação da EGS com a palatabilidade, ocorrendo pouca melhora nos atributos sensoriais, compararam carcaças com espessura mínima de aproximadamente 7 mm (Dolezal et al., 1982; Riley et al., 1983).

Na faixa de ossificação estudada, não foi observada uma relação que permita explicar as alterações das avaliações pelo aumento de grau de ossificação das carcaças. Quando divididos em categorias baseadas na ossificação, amostras provenientes de carcaças com maiores escores de ossificação apresentaram menores notas para todos os atributos sensoriais quando comparados os grupos de animais adultos e velhos (Tabela 14), o que corrobora a interferência desta medida em parâmetros de qualidade de carne (Bailey, 1985; Park et al. 2008). A maturidade dos animais é considerada um importante indicador de qualidade através da sua correlação negativa com características de palatabilidade, destacando-se a maciez (Schonfeldt; Strydom, 2011; Thompson et al. 1999). As diferenças nas taxas de crescimento, comumente expressas nos diferentes graus de ossificação, podem afetar a estrutura e a matriz cruzada de ligação do colágeno, e consequentemente afeta características importantes na classificação de qualidade da carcaça (Bonny et al., 2016), além de influenciar a atividade proteolítica e a taxa potencial de glicólise do músculo (Oddy et al., 2001).

No entanto, amostras de animais classificados como jovens, por meio da ossificação, não diferiram estatisticamente do grupo de animais adultos e velhos, apresentando valores intermediários. Este resultado diverge parcialmente, uma vez que não consegue diferenciar os animais jovens dos adultos e velhos, de relatos da diminuição de notas do painel sensorial de amostras de animais mais velhos quando comparados a animais jovens (Moon et al.2006; Shorthose; Harris 1990 ;Smith 1986). Geralmente a carne de animais mais velhos é

considerada menos macia em relação a animais jovens (Cho et al., 2017; Mojto et al., 2009; Xiong et al., 2007). Alguns autores consideram que os efeitos da maturidade são mais importantes para maciez do que fatores como marmorização, além de estarem correlacionados também com os parâmetros suculência, sabor e aceitação geral (Hilton et al. 1998. Moon et al., 2006). Existem divergências sobre a importância do efeito da taxa de crescimento sob a palatabilidade, com alguns autores afirmando não existir diferença em maciez ou palatabilidade geral devido a este fator, enquanto outros relatam a existência da associação entre taxa de crescimento e palatabilidade (Calkins et al., 1987; Fishell et al., 1985).

Os resultados obtidos podem ser reflexo do modelo animal utilizado, tendo em vista que dos 8 ensaios desenvolvidos, 6 continham amostradas de animais com composição racial de 100% e 2 testes foram compostos de amostras originadas de animais cruzados com raças britânicas podendo esta ser a razão para atenuar a diferença de animais jovens com as demais categorias. A associação de menor maciez em músculos de animais *Bos indicus* está relacionada a maior concentração da enzima calpastatina, principal inibidora de calpaína, e a medida que aumenta a proporção de sangue zebuíno em cruzamentos a atividade da calpastatina e a força de cisalhamento aumentam, resultando em piora na textura da carne (Shackelford et al., 1991; Wheeler et al., 1990). Selecionar com base na maturidade dos animais não resultou em diferenças estatísticas entre as categorias (jovem, adulto e velho) para a avaliação quanto à aceitabilidade de consumidores (Tabela 15). Não obstante, levando em conta todos os resultados de avaliação dos consumidores observa-se que o pior cenário de avaliação ocorre para os animais mais velhos.

O fator condição sexual do animal não atribuiu mudanças sensoriais perceptíveis aos consumidores, quando comparamos animais de sexos diferentes (machos x fêmeas) ou de mesmo sexo (inteiros e castrados) (Tabela 8). Nenhuma diferença estatística foi encontrada para a aceitabilidade dos consumidores nos atributos sensoriais quando foi verificado o impacto da condição sexual (Tabela 9). Apesar de ser um importante fator que afeta deposição de tecidos nas carcaças a diferença entre sexos sobre os atributos sensoriais são inconsistentes, sendo relatada a existência da influência deste fator sobre a resposta de painéis de consumidores detectando diferenças para maciez, sabor, suculência e aceitação geral (Choat et al., 2006), enquanto a ausência de diferenças também já foi encontrada (Garcia et al., 1970; Prost et al., 1975).

Os resultados demostrados estão de acordo com trabalhos anteriormente desenvolvidos onde a diferença entre sexos não foi fator exclusivo para percepção de diferenças em atributos sensoriais importantes, alguns destes trabalhos demonstram apenas diferenças para a característica maciez, onde carnes de animais castrados receberam melhores avaliações quando comparados a machos inteiros, porém não diferindo a categoria de macho castrado e fêmeas (Arthaud et al. 1977; Bonny et al., 2016b; Seidman et al., 1989). Além disto, a carne de machos inteiros também foram as que apresentaram maiores avaliações de maturidade fisiológica da carcaça, menores escores de gordura e piores avaliações para maciez de amostras do músculo *Longissimus*, (Seidman et al., 1989). Em nossos ensaios, as demais características de carcaça eram selecionadas de maneira que não fossem fatores determinantes de alterações perceptivas aos consumidores, sendo assim o ensaio de categorização sexual apresentava valores semelhantes para as demais caraterísticas de carcaça (Tabela 4) mostrando novamente disparidade com os resultados encontrados na literatura. O efeito do sexo em algumas pesquisas ainda estava presente mesmo após ajustes nas características de carcaça, como por exemplo, correção de escore de marmoreio (Chriki et al., 2013;Choat et al., 2006; Drayer, 2003).

Apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas entre sexo e avaliações de consumidores para os atributos sensoriais é importante ressaltar que este é um fator que deve ser levado em consideração quando se avalia qualidade de carne tendo em vista que já foram encontradas diferenças no conteúdo de colágeno em musculo de animais da mesma idade de diferentes sexos. Boccard et al. (1979) e Crouse, et al (1983) relataram que o conteúdo de colágeno do músculo foi maior em touros do que em novilhos, independentemente da idade. Há suposições de que a presença de hormônios sexuais, como a testosterona, interferem na deposição e solubilidade de colágeno e ocorrendo consequentemente a redução da maciez (Blanco et al., 2013; Purslow, 2018).

Os resultados aqui discutidos esclarecem que as características de carcaça são relevantes nas percepções dos consumidores para diversos aspectos relacionados a qualidade da carne como maciez, sabor, suculência e satisfação geral. É fato que de acordo com nossas discussões os aspectos não podem ser considerados separadamente, mas sim em conjunto, demonstrando assim uma percepção geral do produto.

Para o atributo maciez, as diferenças estatísticas encontradas reforçam a importância da avaliação deste aspecto sensorial para aceitação e preferência dos consumidores da carne e

determinados cortes bovinos (Pflanzer; Felicio 2011). Pesquisas anteriores desenvolvidas em países importantes produtores e consumidores de carne bovina, incluindo o Brasil afirmam que consumidores comuns são capazes de detectar diferença na maciez da carne (Delgado et al., 2006; Miller et al., 1995; Wheeler et al., 2002). A capacidade de distinguir diferentes graus de maciez justifica a importância da mesma em pesquisas direcionadas a qualidade de carne, tendo em vista que a não percepção de diferenças para este atributo tornaria insustentável os esforços para sua melhoria (Miller, 2001).

Um fator importante que pode ter contribuído com as diferenças encontradas em todos os estudos para maciez da carne é o perfil dos participantes dos testes sensoriais, como o nível socioeconômico e a escolaridade, tendo em vista que cerca de 80% dos mesmos pertenciam às classes econômicas A e B e 46,61% já haviam concluído o ensino superior (Tabela 6), sendo estas condições que exercem alto impacto nas avaliações sensoriais (Sánchez et al., 2012). Conhecer o perfil dos consumidores significa entender o seu comportamento na tomada de decisão no momento da compra, o qual pode ser influenciado pelo estilo de vida, valores sociais, grau de instrução e renda. Já foi comprovado que consumidores brasileiros com menor nível de escolaridade não conseguem distinguir carnes macias e duras (Delgado et al. 2006). Sendo assim, a maciez pode ser um fator de maior importância para consumidores de maior renda e com maior nível de escolaridade, já que estes provavelmente serão mais críticos no momento da avaliação dando maiores notas a amostras mais macias (Barham et al., 2003; Lusk et al., 2001).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não foi encontrada uma associação direta determinante entre níveis e graus de espessura de gordura, gordura intramuscular e ossificação com atributos sensoriais da carne durante o consumo.

As categorias com variação da espessura de gordura, marmorização e ossificação alteram a avaliação e aceitabilidade da carne pelo consumidor.

A condição sexual não alterou a avaliação e aceitabilidade da carne pelo consumidor.

REFERÊNCIAS

ABIEC, Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne, 2018. Disponível em: http://sna.agr.br/brasilsera-o-maior-produtor-mundial-de-carnebovina-em-5-anos-preve-abiec/ [Accessed Jan 17, 2019].

Alves, D. D.; Tonissi, R. H.;Goes, B.;Mancio, A. B. 2005. Maciez da carne bovina. Ciência animal brasileira, 6: 135-149.

Arboitte, M.Z.; Brondani, I.L.; Restle, J.; Silva, L.F.; Pereira, L.B.; Santos, C.G. 2012. Carcass characteristics of small and medium-frame aberdeen angus young steers. Acta Scientiarum Animal Sciences 34:49–56.

Arthaud, V. H.; Mandigo, R. W.; Koch, R. M.; Kotula, A. W. 1977. Carcass composition, quality, and palatability attributes of bulls and steers fed different energy levels and killed at four ages. Journal of Animal Science, 44: 53-65.

Bailey AJ 1985. The role of collagen in the development of muscle and its relationship to eating quality. Journal of Animal Science 60, 1580–1587

Bailey, A. J.; Sims, T. J. 1977. Meat tenderness: distribution of molecular species of collagen in bovine muscle. Journal of the Science of Food and Agriculture, 28: 565-570.

Barbut, S. 2014. Review: Automation and meat quality-global challenges. Meat Science 96: 335-345.

Barham, B.L.; Brooks, J.C.; Blanton J.R.; Herring, A.D.; Carr, M.A.; Kerth, C.R.; Miller, M.F. 2003. Effects of growth implants on consumer perceptions of meat tenderness in beef steers. Journal of Animal Science, 81:3052-3056.

Bendall, J.R. 1973. Posmortem changes in muscle. In: Bourne, G.H. The structure and function of muscle. Academic Press: New York 2: 244- 309.

Berg, R.T.; Butterfield, R.M. 1976. New concepts of cattle growth. Sidney University Press, Sidney, Nova Gales do Sul, AUS.

Blanco, M; Jurie, C.; Micol, D.; Agabriel, J.; Picard, B.; Garcia-Launay, F. 2013. Impact of animal and management factors on collagen characteristics in beef: a meta-analysis approach. animal, 7:1208-1218.

Blumer, T. N. 1963. Relationship of marbling to the palatability of beef. Journal of Animal Science 22: 771-778.

Boccard, R.L.; Naudé, R.T.; Cronje, D.E.; Smit, M.C.; Venter, H.J.; Rossouw, E.J. 1979. The influence of age, sex and breed of cattle on their muscle characteristics. Meat Science 3: 261-280.

Boito, B. 2014. Influência da gordura subcutânea de novilhos terminados em confinamento nas características de carcaça e carne. Dissertação (mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos. Disponível http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1525/1/DV_PPGZO_M_Boito,%20Bruna_2014.pdf

Boleman, S. J.; Boleman, S.L.; Miller, R.K.; Taylor, J.F.; Cross, H.R.; Wheeler, T.L.; Johnson, D.D. 1997. Consumerevaluation of beef of known categories of tenderness. Journal of Animal Science 75:1521-1524.

Bonin, M. D. N.; Ferraz, J.B.; Eler, J.P.; Rezende, F.M.D.; Cucco, D.D.C.; Carvalho, M.E.; Oliveira, E.C.M. 2014. Sire effects on carcass and meat quality traits of young Nellore bulls. Genetics and Molecular Research 13: 3250–3264.

Bonny a, S. P. F.; Pethick, D. W.; Legrand, I., Wierzbicki, J.; Allen, P.; Farmer, L. J.;Gardner, G. E. 2016. Ossification score is a better indicator of maturity related changes in eating quality than animal age. animal, 10: 718-728.

Bonny b, S.P.F; Hocquette, J.F.; Pethick, D.W.; Farmer, L.J.; Legrand, I.; Wierzbicki, J. 2016. The variation in the eating quality of beef from diferente sexes and breed classes cannot be completely explained by carcass measurements. The Animal Consortium, 10: 987-995

Bowling, R. A.;Smith, G.C.;Carpenter,Z,L.;Dutson, T.R.; Oliver, W.M. 1977. Comparison of forage-finished and grain-finished beef carcasses. Journal Animal Scirncr. 45:209-215.

Bratzler, L. J. 1954. Determining tendenerss of maet by using the Warner-Bratzler method. Proc Second Ann. Reciprocol Meat Conf. National Livestock and Meat Board 7:154-160.

Brewer, S.; Novakofski, J. 2008. Consumer sensory evaluations of aging effects on beef quality. Journal Food Science 73: 78-82.

Brian, R.M.2003. Role of Calcium Sensivity Modulation in Skeletal Muscle Perfomance. News Physiol Sciences 18: 222-225.

Bridi, A. M.; Constantino, C. 2002. Qualidade e avaliação de carcaças e carnes bovinas.. Disponível em:<http://www.uel.br/grupo-pesquisa/gpac/pages/arquivos/Qualidade%20e%20Avaliacao%20de%20Carcacas%20e%20Carnes%20Bovinas.pdf>. [Acessed Jan 15,2019]

Bridi, A.M.; Nicolaiewsky, S.; Rubensam, J.M.; Both, M.C.; Lobato, J.F.P. 2003. Efeito do genótipo halotano e de diferentes sistemas de produção no desempenho produtivo e na qualidade da carcaça suína. Revista Brasileira de Zootecnia 32: 942-950.

Briskey E.J; Kastenschmidt, L.L; Forrest, J.C; Beecher, G.R; Judge, M.D; Cassens, RG; Hoekstra, W.G. 1966. Biochemical aspects of post mortem changes in porcine muscle. Journal of Agricultural and Food Chemistry 14: 201–207.

Calkins, C.R; Calkins, S.C.; Seideman, J.D. 1987. Relationships between rate of growth, catheptic enzymes and meat palatability in young bulls. Journal of Animal Science 64:1448-1457.

Campion, D. R.; Crouse, J. D.;Dikeman, M. E. 1975. Predictive value of USDA beef quality grade factors for cooked meat palatability. Journal of Food Science, 40:1225-1228.

Carvalho, T. B.; Zen, S.; Ferreira, P. C. 2008.Caracterização da atividade pecuária de engorda nos principais países produtores de carne bovina. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 46.

Cho, S. H.; Kang, G.; Seong, P.; Kang, S.; Sun, C.; Jang, S.; Hwang, I. 2017.Meat quality traits as a function of cow maturity. Animal Science Journal, 88: 781-789.

Choat, W.T.;Paterson, J.A.; Rainey, B.M.; King, M.C.; Smith, G.C.; Belk, K.E.; Lipsey, R.J. 2006. The effects of cattle sex on carcass characteristics and *longissimus* muscle palatability, Journal of animal science, 84:1820–1826.

Chriki, S.; Renand, G.; Picard, B.; Micol, D.; Journaux, L.; Hocquette, J.F. 2013. Meta-analysis of the relationships between beef tenderness and muscle characteristics. Livestock Science 155: 424-434.

Coleman, S.W.; Evans, B.C.; Guenther, J.J.1993. Body and carcass composition of Angus and Charolais steers as affectted by age and nutrition. Journal of Animal Science 71:86-95.

Compston, J. E. 2001. Sex steroids and bone. Physiological reviews 81: 419-447.

Corbin, C. H.; O'Quinn, T. G.; Garmyn, A. J.; Legako, J. F.; Hunt, M. R.; Dinh, T. T. N.; Rathmann, R. J.; Miller, M. F.2015. Sensory evaluation of tender beef strip loin steaks of varying marbling levels and quality treatments. Meat Science, 100:24–31.

Costa, E.C.; Restle, J.; Vaz, F.N.; Alves Filho, D.C; Bernardes, R.A.L.C;Kuss, F.2002. Características da carcaça de novilhos Red Angus superprecoces abatidos com diferentes pesos. Revista Brasileira de Zootecnia,31:119-128.

Coutinho, M.A.S; Ramos, P.M; Silva, S.L.; Martello, L.S.; Pereira, A.S.C.; Delgado, E.F. 2017. Divergent temperaments are associated with beef tenderness and the inhibitory activity of calpatatin. Meat Science, 134:61-67.

Cross, H.R.; West, R. L.; Duntson T. R. 1980. Compairison of methods for measuring sarcomere length in beef semitendinosus muscle. Meat Science, 5: 261-266.

Crouse, J. D.; Seideman, S. C.; Cross, H. R. 1983. The effects of carcass electrical stimulation and cooler temperature on the quality and palatability of bull and steer beef. Journal of animal science, 56: 81-90.

Crouse, J. D.; Smith, G.M; Mandigo, R.W. 1978. Relationship of selected beef carcass traits with meat palatability. Journal Food Science. 43:152-157.

Cruzen, S. M.; Paulino, P. V.; Lonergan, S. M.; Huff-Lonergan, E. 2014. Postmortem proteolysis in three muscles from growing and mature beef cattle. Meat science, 96: 854-861.

Delgado, E.F.; Aguiar, A.P.; Ortega, E.M.M.; Spoto, M.H.F.; Castillo, C.J.C. 2006. Brazilian Consumers' Perception Of Tenderness Of Beef Steaks Classified By Shear Force And Taste. Scientia Agricola 63: 232-239.

Dibiasi, N.F.; Tholon, P.; Barrozo, D.; Fries, L.A.; Queiroz, S.A. 2010. Estimativas de correlações genéticas entre características de carcaça medidas por ultrassonografia e por escores visuais em touros Brangus. ARS Veterinária 26: 32-37.

Dolezal. H.G.; Smith, G.C.;Savell, J.W.; Carpenter, Z.L. 1982, Effect of time-on-feed on the palatability of rib steaks from steers and heifers. Journal Food Science 47: 368-373.

Dransfield, E. 1993. Modeling post-mortem tenderisation. IV- Role of calpain and calpastatin in conditioning. Meat Science 34: 217-234.

Drayer, M.L. 2003. Evaluation of intact males and steers for growth performance and meat quality. California State University, Fresno, CA, USA.

Emerson, M. R.; Woerner, D. R.; Belk, K. E.; Tatum, J. D. 2013. Effectiveness of USDA instrument-based marbling measurements for categorizing beef carcasses according to differences in *longissimus* muscle sensory attributes. Jounal Animal Science, 91:1024–1034.

FAPRI. 2015. Food and Agricultural Policy Research Institute. http://www.fapri.iastate.edu/tools/outlook.asp x. [Accssed Agus 25, 2018]

Felício, P.E. 2010. Classificação e Tifipificação de Carcaças Bovinas. Bovinocultura de corte 2: 1263-1282.

Ferguson, D.M.;Bruce, H.L.;Thompson, J.M; Egan, A.F; Perry, D.; Shorthose, W.R.2001. Factors affecting beef palatability farmgate to chilled carcass. Australian Journal of Experimental Agriculture 41: 879–891.

Ferraz, J.B.S.; Felício, P.E. 2010 Production system an example from Brazil. Meat Science 84: 238-243.

Field, R.; McCormick, R.; Balasubramanian, V.; Sanson, D.; Wise, J.; Hixon, D.; Riley, M.; Russell, W. 1997. Tenderness variation among loin steaks from A and C maturity carcasses of heifers similar in chronological age. Journal of Animal Science 75: 693–699.

Fishell, V.K.; Aberle, E.D.; Judge, M.D.; , T.W. Perry, 1985. Palatability and muscle properties of beef as influenced by preslaughter growth rate. Journal of Animal Science, 61:151-157.

Fusco, J. P. A. 2002. Tópicos emergentes da Engenharia de Produção. v.1. São Paulo: Arte e Ciência.

Gerrard, D.E.; Jones, S.J.; Aberle, E.D.; Lemenager, R.P; Diekman, M.A.; Judge, M.D. 1987. Collagen stability, testosterone secretion and meat tenderness in growing bulls and steers. Journal of Animal Science 65: 236-1242.

Goll, D. E.; Thompson, V. F.; Taylor, R. G.; Christiansen, J. A. 1992. Role of the calpain system in muscle growth. Biochimie, 74: 225-237.

Gomes, R.C; Feijó, G.L.D; Chiari, L. 2017. Evolução e Qualidade da Pecuária Brasileira. Embrapa gado de corte.

Garcia, E.;Sink, J. D.; Wilson, L. L.;Ziegler, J. H. 1970. Sex, sire and physiological factors affecting muscle protein solubility and other characteristics. Journal of Animal Science 31:42–46.

Greiner, S. P.; Rouse, G. H.; Wilson, D. E.; Cundiff, L. V.; Wheeler, T. L. 2003. Prediction ofretail product weight and percentage using ultrasound and carcass measurements inbeef cattle. Journal of Animal Science 81:1736–1742.

Harper, G. S.; Pethick, D. W. 2004. How might marbling begin? Australian Journal of Experimental Agriculture 44: 653-662.

Hendrick, H. B. 1983. Methods of estimatings live animal and carcass compoition. Journal Animal.Science 57:1316-26.

Hilton, G. G.;Tatum, J. D.;Williams, S. E.; Belk, K. E.; Williams, F. L.; Wise, J. W.; Smith, G.C. 1998. An evaluation of current and alternative systems for quality grading carcasses of mature slaughter cows. Journal of Animal Science, 76: 2094–2103.

Hollung, K.; Veiseth-Kent, E.2012. Omics Techonologies: Tools for food science. Noureddine Benkeblia, University of the West Indies, Kingston, Jamaica, p. 313-338.

Honikel, K.O. 2004. Chemical and physical characteristics of meat: pH measurement. Encyclopedia of Meat Sciences 1:262-266.

Honikel, K.O.; Kim, C.J.1986. Causes of the development of PSE pork. Fleischwirtschaft **6:** 349–353.

Hostetler, R.L.;Landmann, W.A.; Link, B.A.; FItshugh, Jr., H.A.l970.lnfluence of carcass position during igor mortrs on tenderness of beef muscles. Comparison of two trbatments. Journal Animal Science, 31:47-53.

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

Hunt, M. R.; Garmyn, A. J.; O'Quinn, T. G.; Corbin, C. H.; Legako, J. F.; Rathmann, R. J.; Brooks, J. C.; Miller, M. F. 2014. Consumer assessment of beef palatability from four beef muscles from USDA choice and select graded carcasses. Meat Science, 98:1–8.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Disponível em:< https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?&t=destaques>. [Accessed Sept 18, 2018].

IBGE- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatistica. 2016.Pesquisa da pecuária. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/abateleite-couro-ovos_201603caderno.pdf. [Accessed Sept 22, 2018]

IBGE- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatistica. 2010.Pesquisa da pecuária. Disponível em: https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=12 [Accessed Jun 26, 2019]

Jones, B.K.; Tatum, J.D. 1994. Predictors of beef tenderness among carcass produced under commercial conditions. Journal of Animal Science , 72: 1492-1501.

Judge, M.D.; Aberle, E.D.; Forrest, J.C; Hedrick, H.B.; Merkel, R.A. 1989. Principles of meat science. 2.ed. Dubuque, Kendall/ Hunt Publishing Company, 351 p.

Junqueira, C.L.; Carneiro, J. Histologia básica. 2013. Guanabara, RJ, BR.

Killinger, K.M.; Calkins, C.R.; Umberger,W.J.; Feuz, D.M.; Eskridge, K.M.2004. A comparison of consumer sensory acceptance and value of domestic beef steaks and steaks from a branded, Argentine beef program Journal of Animal Science, 82 :3302-3307

Kemp, C.M.; Parr, T. 2012. Advances in apoptotic mediated proteolysis in meat tenderization. Meat Science, 92: 252-259.

King, D. A.; Pfeiffer, C. S.; Randel, R. D.; Welsh Jr, T. H.; Oliphint, R. A.; Baird, B. E.;Savell, J. W. 2006. Influence of animal temperament and stress responsiveness on the carcass quality and beef tenderness of feedlot cattle. Meat science, 74: 546-556.

Koohmaraie a, M. 1992.The role of Ca 2+-dependent proteases (calpains) in post 221 mortem proteolysis and meat tenderness. Biochimie. 74: 239-245.

Koohmaraie b, M. 1992. Role of the neutral proteinases in postmortem muscle protein degradation and meat tenderness. Meat Science 74: 63-71

Koohmaraie, M. 1994.Muscle proteinases and meat aging. Meat science 36:93-104

Koohmaraie, M.; Geesink, G. H. 2006. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. Meat Science 74:34-43.

Kuss, F.; Restle, J.; Brondani, I.L.; Pascoal. L.L; Menezes, L.F.G.; Pazdiora, R.D.; Freitas, L.S. 2005. Características da carcaça de vacas de descarte de diferentes grupos genéticos terminadas em confinamento com distintos pesos. Revista Brasileira de Zootecnia 34:915-925.

Lawrence, T.E.; Whatley, J.D.; Montgomery, T.H.; Perino, L.J. 2001.A comparison of the USDA ossification-based maturity system to a system based on dentition. Journal of Animal Science 79:1683-1690.

Lawrie, R.A. 2005. Ciência Da Carne. Porto Alegre, RS, BR.

Lehninger, A.L. 1986. Princípios da Bioquímica. 2nd edn. Sarvier, São Paulo, SP,BR.

Li, C.B.; Zhou, G.H.; Xu, X.L.; Huang, M.; Li, M.Y. 2005. The mineral composition and microscopic changes in thoracic buttons of Chinese Yellow steer with age. Meat Science 69:101-106.

Locker, R.H.; Hagyard, C.J. 1963. A cold shortening effect in beef muscles. Journal of the Science of Food and Agriculture 14:787-793.

Lohman, T.G. 1971. Biological variation in body composition. Journal of Animal Science 32:647-653.

Lusk, J.L.; Fox, J.A.; Schroeder, T.C.; Mintert, J.; Koohmaraie, M. 2001. In store valuation of steak tenderness. American Journal of Agricultural Economics, 83:539-550.

Maciel, M. V.; Amaro, L. P. A.; Júnior, D. M. L.; Rangel, A. H. N.;Freire, D. A.2011. Métodos avaliativos das características qualitativas e Sensoriais da carne de ruminantes. Revista Verde 6:17-24.

Madruga, M.S.; Arruda, S. G. B.; Narain, N.; Souza, J. G. 2000. Castrations and slaughter age effects on panel assessment and aroma compounds of the mestiço goats meat. Meat Science 56: 117-125.

Madruga, M.S.; Souza, J.G.; Arruda, S.G.B.; Narain, N.2003. Carne caprina de animais mestiços: estudo do perfil aromático. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 23:323-329.

McAfee, A.J.; McSorley, E.M.; Cuskelly, G.J. 2010. Red meat consumption: an overview of the risks and benefits. Meat Science 84: 1-13.

Mc Cormick, R. J. 1994. The flexibility of the collagen compartment of muscle. Meat Science, 36: 79-91.

Mcintyre, B.L. 1994. Carcass measurements and treatments. Proceedings of the Australian Society of Animal Production Perth 20: 37- 39.

Melo, A. F.; Moreira, J. M.; Ataídes, D. S.; Guimarães, R. A. M.; Loiola, J. L. 2016. Fatores que influenciam na qualidade da carne bovina: Revisão. PUBVET, 10: 785-794.

Miller, M.F.; Carr, M.F.; Ramsey, C.B.; Crokett, K.L.; Hoover, L.C. 2001. Consumer Thresholds for Establishingg the Value of Beef Tenderness. Journal of animal Science, 79:3062-3068.

Miller, M.F.; Hoover, L.C.; Cook, K.D.; Guerra, A.L.; Huffman, K.L.; Tinney, K.S.; Ramsey, C.B.; Brittin, H.C.; Huffman, L.M. 1995. Consumer acceptability of beef steak tenderness in the home and restaurant. Journal of Food Science, 60:963- 965.

Miller, R.K. 1994. Quality Characteristics. In: MILLER, R.K. Quality Characteristics Muscle Foods. Cap. 11: 296-332.

Ministério Da Pecuária, Agricultura e Abastecimento - MAPA. Agricultura orgânica deve movimentar R$ 2,5 bi em 2016. Disponível em < http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/10/agricultura-organica-devemovimentar-r-2-5-bi-em-2016>. [Accessed Sep 23, 2018].

Mojto, J.; Zaujec, K.; Gondeková, M. 2009. Effect of age at slaughter on quality of carcass and meat in cows. Slovak Journal of Animal Science, 42: 34-37.

Mombach, J.; Pereira, L. A.R; Fonseca, V.V. 2010. Proposta de um modelo de gestão pela qualidade para um abatedouro/frigorífico de suínos. Revista Agraria 3: 293- 300.

Moon, S. S.; Yang, H. S.; Park, G. B.; Joo, S. T. 2006. The relationship of physiological maturity and marbling judged according to Korean grading system to meat quality traits of Hanwoo beef females. Meat Science, 74: 516-521.

Morgan, J.B., Wheeler, T.L., Koohmaraie, M. Et Al. 1993. Effect of castration on myofibrillar protein turnover, endogenous proteinase activities, and muscle growth in bovine skeletal muscle. Journal of Animal Science 71:408-414.

Muchenje, V.; Dzama, K.; Chimonyo, M.; Strydom, P. E.; Hugo, A.; Raats, J. G. 2009. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. Food Chemistry 112:279–289

Muller, L. 1987. Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaças de novilhos. 2.ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. 31p.

Muller, L.; Restle, J. 1983. Carcass characterisitcs of steers and young bulls. In: European Congress of Meat Researcher Workers, 29, Parma. Proceedings 530-535.

Nauss, K.M.; Davies, R.E. 1966. Changes in phosphate compounds during the development and maintenance of rigor mortis. Journal of Biological Chemistry 24: 2918-2922.

Nishimura, T.; Hattori, A.; Takahashi, K. 1999. Structural changes in intramuscular connective tissue during the fattening of Japanese black cattle: effect of marbling on beef tenderization. Journal of Animal Science, 77: 93-104.

Nuernberg, K.; Fischer, A.; Nuernberg, G. 2008. Meat quality and fatty acid composition of lipids in muscle and fatty tissue of Skudde lambs fed grass versus concentrate. Small Ruminant Research 74: 279-283.

Oddy, V.H.; Harper,G.S.; Greenwood, P.L. McDonagh, M.B. 2001. Nutritional and developmental effects on the intrinsic properties of muscles as they relate to the eating quality of beef Australian Journal of Experimental Agriculture, 41:921-942.

O'Quinn T. G.; Brooks J. C.; Polkinghorne R. J.; Garmyn A. J.;Johnson B. J.; Starkey J. D.; Rathmann R. J.; Miller M. F.2012. Consumer assessment of beef strip loin steaks of varying fat levels. Journal Animal Science, 90:626–634.

Osório, J.C.S.; Osório, M.T.M. 2006. Calidad y sus determinantes en la cadena productiva y comercial de la carne ovina. Revista Brasileira de Agrociência 12:251-256.

Osório, J.C.S.; Osório, M.T.M.; Sañudo, C. 2009.Características sensoriais da carne ovina. Revista Brasileira de Zootecnia, 38:292-300.

Ouali, A.; Gagaoua, M.; Boudida, Y.; Becila, S.; Boudjellal, A.; Herrera-Mendez, C. H.; Sentandreu, M. A. 2013. Biomarkers of meat tenderness: present knowledge and perspectives in regards to our current understanding of the mechanisms involved. Meat Science, 95: 854–870.

Pardi, M.C.; Santos, I.F.; Souza, E.R.; Pardi, H.S. 1995. Ciência, higiene e tecnologia da carne. Goiânia, GO: CECRAF-UFG 586p.

Pardi, M.C.; Santos, I.F; Souza, E.R.; Pardi, H.S. 2001. Ciência, higiene e tecnologia da carne. Goiânia: UFG, 1v.

Park, B.Y; Hwang, I.H; Cho, S.H; Yoo, Y.M; Kim, J.H; Lee, J.M; Polkinghorne, R.; Thompson, J.M. 2008. Effect of carcass suspension and cooking method on the palatability of three beef muscles as assessed by Korean and Australian consumers. Australian Journal of Experimental Agriculture 48:1396–1404.

Parrish, F. C., Jr., 1974. Relationship of marbling to meat tenderness. Proc. Meat Ind. Res. Conf. pp. 117. American Meat Institute, Arlington, VA.

Paz, C.C.P.; Luchiari Filho, A. 2000. Melhoramento genético e diferenças de raças com relação à qualidade da carne bovina. Pecuária de Corte 101: 58-63.

Pearson, A.M.; Young, R.B. 1989. ‘Muscle and meat biochemistry.’ (Academic Press Inc.: San Diego, CA, USA)

Pearson, A. M. 1966. Desirability of beef-its characteristics and their measurement. Journal Animaal Science 25:843-854.

Pflanzer, S. B.;Felício, P. E. 2011. Moisture and fat content, marbling level and color of boneless rib cut from Nellore steers varying in maturity and fatness. Meat Science, 87:7-11.

Polkinghorne, R.; Watson, R.; Thompson, J.M; Pethick, D.W. 2008. Current usage and future development of the Meat Standards Australia (MSA) grading system. Australian Journal of Experimental Agriculture 48:1459-1464.

Prändl, O.; Fischer, A.; Schmidhofer, T.; Sinell, H.J. 1994. Embutidos curados. En: Tecnología e higiene de la carne. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza. España. pp, 543-577.

Price, J. F.; Schweigert, B. S. 1971.The science of meat and meat products. San Francisco: W. H. Freeman and Co, 660p, 2 ed.

Prost, E.; Pelczynska, E.; Kotula, A. W. 1975. Quality characteristics of bovine meat. II. Beef tenderness in relation to individual muscles, age and sex of animals and carcass quality grade. Journal Animimal Science, 41:541–547.

Purchas, R.W. 1991. Effect of sex and castration on growth and composition. In: Pearson, Am.; Dutson, T.R. (Eds.). Growth regulation in farm animaIs - advances in meat research. Elsevier Applied Science 7:203-254.

Purslow, P.P. 2018. Contribution of collagen and connective tissue to cooked meat toughness; some paradigms reviewed. Meat science, 144: 127-134.

Riley, R.R.;SAvell, J.W.; Murphey, C.E.; Smith, G.C.; Stiffler, D.M.; Cross, H.R. 1983. Palatability of beef from steers and young bull carcasses as influenced by electrical stimulation, subcutaneous fat thickness and marbling Journal of Animal Science, 56: 592-597.

Raines, C. R.;Dikeman, M. E.;Unruh, J. A.; Hunt, M. C.; Knock, R. C. 2008. Predicting cattle age from eye lens weight and nitrogen content, dentition, and United States Department of Agriculture maturity score. Journal of animal science, 86: 3557-3567.

Restle, J., Grassi, C., Feijó, G.L.D. 1996. Características das carcaças e da carne de bovinos inteiros ou submetidos a duas formas de castração, em condições de pastagem. Revista Brasileira de Zootecnia 25:334-344.

Restle, J.; Keplin, L.A.S.;Vaz, F.N. 1997. Características quantitativas da carcaça de novilhos Charolês, abatidos com diferentes pesos. Pesquisa Agropecuária Brasileira 32:851-856.

Restle, J.; Grassi, C.; Feijó, G.L.D. 1994. Características de carcaça de bovinos de corte inteiros ou castrados em diferentes idades. Pesquisa Agropecuária Brasileira 29:1603-07.

Restle, J.; Vaz, F.N. 1999. Confinamento de bovinos definidos e cruzados. In: LOBATO, J.F.P.; BARCELLOS, J.O.J.; KESSLER, A.M. Produção de bovinos de corte. Porto Alegre: EDIPUCRS, p.141-198, 1999

Robergs, R.A.;Ghiasvand, F.;Parker, D.2004. Biochemistry of exerciseinduced metabolic acidosis. American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology 287.

Sanches, P.F; Zocchi, S.S. 2010. Quadrados Latinos Balanceados pela Vizinhança. Revista Brasileira de Biometria, 2: 21-42.

Sánchez, M.; Beriain, M. J.; Carr, T. R.2012. Socio-economic factors affecting consumer behaviour for United States and Spanish beef under different information scenarios. Food Quality and Preference, 24: 30-39.

Savell, J. W.;Cross, H. R.; Smith, G. C. 1986. Percentage ether extractable fat and moisture content of beef *longissimus* muscle as related to USDA marbling score. Journal of Food Science, 51, 3 838-839.

Savell, J. W.;Cross, H. R. 1988. The role of fat in the palatability of beef, pork, and lamb. In: Washinton, DC: National Academy Press, 1:1-10.

Savell, J.W.; Branson, R.E; Cross, H.R.;Stiffler, D.M.; Wise, J.W.; Griffin, D.B.; Smith, G.C. 1987. National consumer retail beef study: palatability evaluations of beef loin steaks that differed in marbling. Journal Food Science 52:517–519.

Scheffler, J.M.; Buskirk, D.D.; Rust, S.R.; Cowley, J.D.; Doumit, M.E. 2003. Effect of repeated administration of combination trenbolone acetate and estradiol implants on growth, carcass traits, and beef quality of long-fed Holstein steers. Journal of Animal Science 81: 2395–2400.

Schonfeldt, H.C; Strydom, P.E 2011. Effect of age and cut on tenderness of South African beef. Meat Science 87:206-218.

Seideman, S.C.; Cross, H.R.; Crouse, J.D. 1989. Carcass characteristics, sensory properties and mineral content of meat from bulls and steers. Journal of Food Quality 11: 497–507

Seideman, S.C.; Cross, H.R.; Oltjen, R.R. 1982. Utilization of the intact male for red meat production: a review. Journal of Animal Science 55: 826-840.

Sgarbieri, V.C. 1996. Proteínas em alimentos protéicos. São Paulo, SP: Varela, 1996. p. 517.

Shackelford, S.D.; Koohmaraie, M.; Miller, M.F.;Crouse, J.D.; Reagan, J.O.1991 An evaluation of tenderness of the *longissimus* muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers. Journal of Animal Science,69:171-177.

Shiranita, K.; Miyajima, T.; Takiyama, R. 1998. Determination of meat quality by texture analysis. Pattern Recognition Letter 19: 1319-1324.

Shorthose, W.R; Harris, P.V 1990. Effect of animal age on the tenderness of selected beef muscles. Journal of Food Science 55:1-8.

Simmons, N.J.; Singh, K.; Dobbie, P.M.; Devine, C.E. 1996. The effect of pre-rigor holding temperature on calpain and calpastatin activity and meat tenderness. In ‘42nd International Congress of Meat Science and Technology’. Lillehammer, Norway.

Smith, G. C.; Dutson,T. R.; Hostetler, R. L.; Carpenter, Z. L. 1986. Fatness, rate of chilling and tenderness of lamb. Journal Food Science 41:748-756.

Smith, G.C. 2001.Factors affecting the palatability of beef. In: Future Beef Operations Seminar. 2001. Proceedings ... Disponível em: <http://ansci.colostate.edu/ran/beef/ index.html> [Accessed Apri 12, 2019].

Smith, G.C.; Savell J.W.; Cross H.R.; Carpenter, Z.L.; Murphey, C.E; Davis, G.W.; Berry, B.W. 1987. Relationship of USDA quality grades to palatability of cooked beef. Journal Food Quality 10:269–286.

Souza, G.M; Coutinho, M.A.S; Ramos, P.M; Oliveira, G.M; Lonergan, S.M; Delgado, E.F. 2019. Tought aged meat presents greater expression of calpastatin, which presents post mortem protein profile and tenderization related to Nellore steer temperament. Meat science, 156:131-138.

Tatum, J. D.; Smith, G. C.; Carpenter, Z. L. 1982. Interrelationships Between Marbling, Subcutaneous Fat Thickness and Cooked Beef Palatability. Journal of Animal Science, 54: 777-784.

Thompson J. M.2004. The effects of marbling on flavour and juiciness scores of cooked beef, after adjusting to a constant tenderness. Australian Journal Experimental Agriculture,44:645–652.

Thompson, J.2002. Managing meat tenderness. Meat Science, 62:295-308.

Thompson, J.; Thompson, R.; Polkinghorne, H.; Hearnshaw, D.; Ferguson. 1999. Meat Standards Australia, A 'PACCP' based beef grading scheme for consumers. 2) PACCP requirements which apply to the production sector 45th International Congress of Meat Sciences and Technology, Yokohama, Japan, 45, pp. 16-17.

USDA 1997. United States standards for grades of carcass beef. United States Department of Agriculture, Washington, DC, USA.

USDA. Livestock and Poultry: World Markets and Trade. Disponível em: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf. Acesso em: 18 de janeiro, 2018.

Vandendriessche, F. 2008. Meat products in the past, today and in the future. Meat Science 78: 104-113.

Van Ba, H.; Oliveros, C. M.; Park, K.; Dashdorj, D.; Hwang, I. 2017. Effect of marbling and chilled ageing on meat-quality traits, volatile compounds and sensory characteristics of beef *longissimus* dorsi muscle. Animal Production Science, 57:981-992.

Venkata, R.B.; Sivakumar, A.S; Jeong, D.W; Woo Y.B.; Park, S.J.; Lee, S.Y; Byun, J.Y.; Kim, C.H.; Cho, S.H.; Hwang, I. 2015. Beef quality traits of heifer in comparison with steer, bull and cow at various feeding environments. Animal Science Journal 86:1-16.

Webb, E. C.; Casey, N. H.; Simela, L.2005. Goat meat quality. Small ruminant research, 60: 153-166.

Weston, A. R.; Rogers, R. W.; Althen, T. G. 2002. The role of collagen in meat tenderness. The Professional Animal Scientist, 18: 107-111.

Wheeler, T.L.; Koohmaraie, M. 1994. Prerigor and postrigor changes in tenderness of ovine *longissimus* muscle. Journal of Animal Science, 72:1232-1238.

Wheeler, T.L.; Savell, J.W.; Croos, H.R.; Lunt, K.D.;Smith, S.B.1990. Mechanisms associated with the varuiation in tenderness of meat from Brahman and hereford cattle. Jounal of Animal Science, 68:4206- 4220.

Wheeler, T.L.; Vote, D.J; Leheska, J.M.; Shackelford, S.D.; Belk, K.E.; Wulf, D.M.;Gwartney, B.L.; Koohmaraie, M. 2002. The efficacy of three objective systems for identifying beef cuts that can be guaranteed tender. Journal of Animal Science, 80: 3315–3327

Wood, J. D.; Enser, M.; Fisher, A. V.; Nute, G. R.; Sheard, P. R.; Richardson, R. I.; Hughes, S. I.; Whittington, F. M. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. Meat Science 78:343–358.

Xiong, Y. L.; Mullins, O. E.; Stika, J. F.; Chen, J.; Blanchard, S. P.;Moody, W. G. 2007. Tenderness and oxidative stability of post-mortem muscles from mature cows of various ages. Meat Science, 77:105-113.

Yokoo, M.J.I.; Albuquerque, L.G..; Lôbo, R.B.; Bezerra, L.A.F.; Araujo, F.R.C.; Silva J.A.V.; Sainz, R.D. 2008. Genetic and environmental factors affecting ultrasound measures of *longissimus* muscle area and back fat thickness in Nelore cattle. Livestock Science 117: 147-154.

ANEXO

Os dados socioeconômicos dos participantes de cada estudo foram descritos separadamente (Tabelas 16-19). O estudo que avaliou a percepção dos consumidores aos atributos maciez, suculência, sabor e satisfação geral de amostras com diferentes graus de marmorização contou com 108 participantes (Tabela 16), 120 consumidores participaram do estudo de espessura de gordura subcutânea (Tabela 17), para o estudo de condição sexual foram coletadas respostas de 179 consumidores (Tabela 18) e para o estudo de ossificação 288 (Tabela 19).

Tabela 16. Perfil dos participantes do estudo que avaliava gordura intramuscular (n=108)

Característica	**Estudo**	**Brasil**
	%	
Sexo		
F	36,11	51
M	61,11	49
s/inf.	2,77	
Idade		
18-20	6,49	7,2
21-35	39,82	22,1
>36	47,22	70,7
s/inf	6,49	
Escolaridade		
AF1	3,70	9,6
E.F C/I	17,47	64
MC/SI	28,63	24,3
SC	50,2	11,3
s/inf	6,49	--
Classe social		
A	36,11	2,7
B1	43,52	23,1
C1	17,6	47,5
D/E	1,86	26,7

Escolaridade: A/F1I=Analfabeto e/ou Fundamental incompleto; E.F C/I= ensino fundamental completo ou incompleto; MC/SI= Ensino médio completo e/ou Superior incompleto; SC=Superior completo.
Classe social: A - 20 SM; B 10 - 20 SM; C= 4- < 10 SM; D/ 2 - < 4 SM. SM=Salário mínimo.
Porcentual de participantes que não completaram as informações solicitadas= s/inf.

Tabela 17. Perfil dos participantes dos estudos que avaliavam diferentes espessuras de gordura subcutânea. (n= 120)

Característica	Estudo	Brasil
	%	
Sexo		
F	40	51
M	56	49
s/inf.	4	--
Idade		
18-20	6,16	7,2
21-35	43,33	22,1
>36	45,83	70,7
s/inf	4,68	--
Escolaridade		
AF1	2,25	9,6
E.F C/I	13,33	64
MC/SI	3,17	24,3
SC	43,33	11,3
s/inf	1,66	--
Classe social		
A	22,50	2,7
B1	62,50	23,1
C1	15	47,5
D/E	0	26,7

Escolaridade: A/F1I=Analfabeto e/ou Fundamental incompleto; E.F C/I= ensino fundamental completo ou incompleto; MC/SI= Ensino médio completo e/ou Superior incompleto; SC=Superior completo.
Classe social: A - 20 SM; B 10 - 20 SM; C= 4- < 10 SM; D/ 2 - < 4 SM. SM=Salário mínimo.
Porcentual de participantes que não completaram as informações solicitadas= s/inf.

Tabela 18. Perfil dos participantes dos estudos que avaliavam diferentes sexos (n= 179)

Característica	Estudo	Brasil
	%	
Sexo		
F	36,31	51
M	62,58	49
s/inf.	1,11	--
Idade		
18-20	8,38	7,2
21-35	35,20	22,1
>36	53,63	70,7
s/inf	2,79	--
Escolaridade		
AF1	2,81	9,6
E.F C/I	20,11	64
MC/SI	30,72	24,3
SC	45,25	11,3
s/inf	1,11	--
Classe social		
A	27,93	2,7
B1	51,39	23,1
C1	17,32	47,5
D/E	2,79	26,7

Escolaridade: A/F1I=Analfabeto e/ou Fundamental incompleto; E.F C/I= ensino fundamental completo ou incompleto; MC/SI= Ensino médio completo e/ou Superior incompleto; SC=Superior completo.
Classe social: A - 20 SM; B 10 - 20 SM; C= 4- < 10 SM; D/ 2 - < 4 SM. SM=Salário mínimo.
Porcentual de participantes que não completaram as informações solicitadas= s/inf.

Tabela 19. Perfil dos consumidores dos estudos que avaliavam ossificação (n= 288)

Característica	Estudo	Brasil
	%	
Sexo		
F	36,80	51
M	60,76	49
s/inf.	2,43	
Idade		
18-20	7,94	7,2
21-35	47,22	22,1
>36	42,36	70,7
s/inf	2,48	--
Escolaridade		
AF1	3,13	9,6
E.F C/I	17,01	64
MC/SI	31,94	24,3
SC	47,92	11,3
s/inf	--	--
Classe social		
A	24,65	2,7
B1	53,13	23,1
C1	19,79	47,5
D/E	2,43	26,7

Escolaridade: A/F1I=Analfabeto e/ou Fundamental incompleto; E.F C/I= ensino fundamental completo ou incompleto; MC/SI= Ensino médio completo e/ou Superior incompleto; SC=Superior completo.
Classe social: A - 20 SM; B 10 - 20 SM; C= 4- < 10 SM; D/ 2 - < 4 SM. SM=Salário mínimo.
Porcentual de participantes que não completaram as informações solicitadas= s/inf.