



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de São José do Rio Preto

Maria Fernanda Isac

**EFEITO DO TEMPO DE MATURAÇÃO EM CONTRAFILÉS DE
FÊMEAS NELORE E CERTIFICADAS ANGUS NA QUALIDADE DE
CARNE BOVINA**

São José do Rio Preto
2023

Maria Fernanda Isac

**EFEITO DO TEMPO DE MATURAÇÃO EM CONTRAFILÉS DE
FÊMEAS NELORE E CERTIFICADAS ANGUS NA QUALIDADE DE
CARNE BOVINA**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Alimentos, Nutrição e Engenharia de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos, Nutrição e Engenharia de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Andrea Carla da Silva Barretto

São José do Rio Preto
2023

I74e

Isac, Maria Fernanda

Efeito do tempo de maturação em contrafilés de fêmeas Nelore e
Certificadas Angus na qualidade de carne bovina / Maria Fernanda Isac. --
São José do Rio Preto, 2023

76 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto
de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

Orientadora: Andrea Carla da Silva Barretto

1. Carne bovina. 2. Maciez. 3. Comprimento do sarcômero. 4. Colágeno
total. 5. Porcentual de colágeno solúvel. I. Título.

Maria Fernanda Isac

**EFEITO DO TEMPO DE MATURAÇÃO EM CONTRAFILÉS DE
FÊMEAS NELORE E CERTIFICADAS ANGUS NA QUALIDADE DE
CARNE BOVINA**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciências de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos, Nutrição e Engenharia de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Comissão Examinadora

Prof^a. Dr^a. Andrea Carla da Silva Barretto
UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto
Orientadora

Dr^a. Renata Tieko Nassu
EMBRAPA

Dr^a. Alessandra Fernandes Rosa
FZEA/USP

São José do Rio Preto
28 de fevereiro de 2023

Dedico este trabalho ao meu amado pai, que mesmo não estando mais fisicamente entre nós, sempre viverá em nossos corações.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por sempre conceder saúde e maturidade para eu continuasse nesta dupla jornada, de trabalho e mestrado.

Ao meu companheiro de vida João Maurício Mantuani Ivan por toda paciência, amor e força, para que este projeto fosse possível.

Aos meus avós por todo exemplo de vida, luta com as adversidades e amor à família.

Aos meus padrinhos, Lázaro e Silvia, por serem tão presentes e luzes em minha caminhada.

À toda a minha família, pelo carinho e apoio recebido.

À empresa na qual trabalho, Minerva Foods, e às pessoas que encontrei nesta jornada, por todo incentivo no aprofundamento sobre o tema de carne bovina.

À minha equipe de trabalho, em especial ao meu gestor Vitor Matos, por tantas concessões e motivação.

Aos meus colegas da universidade Eloíse Alvarenga, Rodrigo Evangelista, Elisa Belluci, Márcio Sanches e Jonatã Henrique de Souza, por toda ajuda e apoio durante este projeto.

Aos professores e especialistas das demais universidades por sempre dividirem o conhecimento e experiências vividas.

Por fim e não menos importante, à minha orientadora Professora Dra. Andrea Carla da Silva Barreto, por nunca desistir deste projeto e sempre ser a minha fonte de renovação de energias, esperança, ajuda ao próximo e amor ao que faz.

“Sonho que se sonha só
É só um sonho que se sonha só
Mas sonho que se sonha junto é realidade”
Raul Seixas (2014)

RESUMO

A procura por carnes *premium* está em franca expansão devido ao consumidor mais exigente e apreciador de itens com atributos mais específicos, ou seja, de maior valor agregado. A maciez é um importante parâmetro de qualidade de carne bovina e os principais fatores que a influenciam são: tecido conjuntivo, integridade miofibrilar, comprimento do sarcômero e gordura intramuscular. A maturação é um processo que promove melhorias na maciez devido a ações de enzimas proteolíticas oriundas, principalmente, de proteinases endógenas. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do tempo de maturação sobre os parâmetros de qualidade de carne de contrafilés de fêmeas das raças Nelore e certificadas Angus. Foram selecionadas nove carcaças de fêmeas Nelores e nove de fêmeas certificadas Angus, todas eletroestimuladas e com idade próxima a 24 meses. Os cortes de contrafilé foram embalados a vácuo, armazenados em câmaras frias ($0 \pm 2^\circ\text{C}$) e foram avaliados em 7, 14 e 21 dias. Não houve diferença ($p>0,05$) nos valores de pH entre as raças Nelore e certificadas Angus nos diferentes pontos de amostragem, no entanto, o pH dos cortes dos contrafilés das certificadas Angus, diminuíram durante a maturação. Apenas em 21 dias, os contrafilés das certificadas Angus apresentaram maiores valores de L^* comparados aos de Nelore. O tempo de maturação não teve efeito sobre a coloração dos contrafilés. Através da análise de comprimento de sarcômero, pode-se observar a não ocorrência do fenômeno do encurtamento pelo frio. Em relação ao parâmetro maciez, o tempo de maturação influenciou as amostras de contrafilés da raça Nelore ($50,91^A$, $42,76^{AB}$, $37,34^B$ N em 7, 14 e 21 dias, respectivamente). No comparativo entre as raças, apenas no 7º dia de maturação, os contrafilés certificados Angus foram mais macios do que os de Nelore ($p<0,05$) ($39,75^b$ vs. $50,91^a$ N, certificadas Angus vs. Nelore). A partir dos 14 dias de maturação, pode-se observar que contrafilés de fêmeas Nelore não se diferenciaram no atributo maciez dos obtidos pelas fêmeas certificadas Angus, mesmo que neste último tratamento, o percentual de colágeno solúvel resultou em um valor superior ($p<0,05$, $25,08^a$ vs. $21,13^b$, certificada Angus vs. Nelore).

Palavras-chave: Carne bovina. Maciez. Comprimento do sarcômero. Colágeno total. Percentual de colágeno solúvel.

ABSTRACT

The demand for premium meats is rapidly increasing due to a more selective consumer who appreciates products that offer more unique attributes, i.e., higher added value. Tenderness is an important parameter in beef quality. The most important factors for tenderness are: connective tissue, myofibrillar integrity, sarcomere length, and intramuscular fat. Aging is a process that promotes improvements in tenderness due to the actions of proteolytic enzymes, mainly from endogenous proteinases. The objective of this study was to evaluate the effect that the aging period has on the meat quality parameters of striploins from Nelore and Angus certified females. Nine Nelore and nine Angus certified female carcasses were selected, all electrostimulated and aged for approximately 24 months. The cuts were vacuum packed, stored in cold chambers ($0 \pm 2^{\circ}\text{C}$) and were evaluated at 7, 14 and 21 days. No significant difference ($p>0.05$) was observed in pH values between the Nelore and Angus certified breeds at the different sampling periods; however, the pH of the Angus certified cuts decreased during aging. The striploins of certified Angus showed higher L^* values only at 21 days compared to those of the Nelore breed. The aging time had no effect on the color of the striploins. Through the sarcomere length analysis, it was observed that the phenomenon of shortening by cold did not occur. In regards to the tenderness parameter, the aging time influenced the Nelore striploins (50.91^{A} , 42.76^{AB} , 37.34^{B} N in 7, 14 and 21 days, respectively). In comparison between breeds, only at day 7 of aging ($p<0.05$), Angus certified striploins were more tender than that of the Nelore (39.75b vs. 50.91a N, Angus vs. Nelore certified). After 14 days of aging, it was observed that the Nelore striploins did not differ in tenderness from that of the Angus certified samples, even though in the latter, the amount of soluble collagen resulted in a higher value ($p<0.05$, 25.08a vs. 21.13b , Angus certified vs. Nelore).

Keywords: Beef. Tenderness. Sarcomere length. Total collagen. Soluble collagen percentage.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Análise de diferença de cor (ΔE)	47
Equação 2 – Porcentagem de perda de peso por cocção	48
Equação 3 – Porcentagem de colágeno solúvel.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Combinação dos princípios básicos de compressão e cisalhamento.	38
Figura 2 - Separação dos bifes na peça de contrafilé.	45
Figura 3 - Separação dos bifes na peça de contrafilé com o molde de 2,5 cm, determinação de pH, cor, cilindros extraídos dos bifes com 1,27 cm de diâmetro e determinação da força de cisalhamento pelo texturômetro (lâmina Warner-Bratzler).....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características morfológicas de diferenciação entre os animais de origem zebuína e taurina.	20
Tabela 2 - Origem e funções das raças Zebuínas de maior expressão.	21
Tabela 3 - Evolução dentária dos bovinos (primeira e segunda dentição).	26
Tabela 4 - Idade aproximada para erupção dos dentes incisivos permanentes para as raças zebuínas e taurinas.	26
Tabela 5 - Classificações dos tratamentos selecionados para o estudo.	44
Tabela 6 - Planejamento das amostras e respectivas análises.	46
Tabela 7 - Valores médios de pH e cor instrumental (L^* , a^* e b^*) de contrafilés de fêmeas Nelore (NE) e certificadas Angus (CA).	52
Tabela 8 - Força de cisalhamento e perda de peso por cocção em contrafilés de fêmeas Nelore (NE) e certificadas Angus (CA).	56
Tabela 9 - Comprimento do sarcômero, colágeno total e porcentual de colágeno solúvel em contrafilés de fêmeas Nelore (NE) e certificadas Angus (CA).	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVO.....	18
2.1 Objetivos específicos.....	18
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1 Raças bovinas.....	19
3.1.1 Classificação zoológica dos bovinos.....	19
3.1.2 Origem das raças zebuínas e taurinas.....	19
3.2 Fatores que influenciam a qualidade de carne bovina.....	23
3.2.1 Sexo.....	24
3.2.2 Genética.....	24
3.2.3 Maturidade	25
3.2.4 Maturação.....	27
3.3 Características de qualidade de carne.....	32
3.3.1 pH.....	32
3.3.2 Cor.....	33
3.3.3 Maciez	35
3.3.4 Perda de peso por cocção	38
3.3.5 Comprimento do sarcômero	39
3.3.6 Teor de colágeno	41
4 MATERIAL E MÉTODOS	44
4.1 Materiais.....	44
4.2 Preparação das amostras	45
4.3 Análises realizadas	47
4.3.1 Determinação de cor	47
4.3.2 pH.....	47

4.3.3 Perda de peso por cocção e força de cisalhamento	48
4.3.4 Determinação do comprimento do sarcômero	49
4.3.5 Quantidade do colágeno total e porcentual de colágeno solúvel	49
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	49
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5.1 pH.....	53
5.2 Cor	53
5.3 Perda de peso por cocção	55
5.4 Força de cisalhamento.....	57
5.5 Comprimento do sarcômero	59
5.6 Colágeno total e porcentual de colágeno solúvel	61
6 CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira tem confirmado seu protagonismo no mercado mundial de carne bovina. Levando em consideração que, no final do ano de 2019, iniciou-se um cenário econômico conturbado gerado pela pandemia do COVID-19, o Brasil conquistou novos mercados e avançou em regiões consolidadas. No ano de 2021, os embarques brasileiros atingiram US\$9,2 bilhões, crescimento de 8,4 % em relação a 2020. Baseando-se apenas na carne *in natura*, que compõe acima de 80 % do volume exportado em 2021, os valores negociados também bateram recorde de US\$5.170/tonelada, aumento de 18,2% em relação a 2020 (ABIEC, 2022).

O rebanho de animais, que na década de 90 não passava de 150 milhões de cabeças, aumentou a uma taxa média anual de 1,7%. Segundo a Abiec (2022), no ano de 2021, o rebanho brasileiro ficou estimado em 196,47 milhões de animais, com um abate de 39,14 milhões.

Em relação à composição das raças deste rebanho no Brasil, grande parte é proveniente da raça Nelore e seus cruzamentos com outras raças zebuínas. Apesar de todas às adaptações da raça Nelore às condições tropicais brasileiras, estudos evidenciam a existência de uma correlação inversa entre maciez da carne e porcentagem de sangue zebuínos nos cruzamentos, influenciando assim sua qualidade sensorial (DRANSFIELD, 1994).

Uma outra raça que vem ganhando espaço no país nos últimos 10 anos é a Aberdeen Angus, a qual é proveniente de cruzamentos industriais que acrescentam qualidade, como maciez, à carne do Zebu. Este cruzamento, que vem crescendo a cada ano, gera mais de três milhões de vitelos por ano, permitindo uma produção em grande escala, com continuidade e qualidade durante todos os períodos do ano (BRAZILIAN ANGUS BEEF, 2020).

De acordo com os dados obtidos da Associação Brasileira de Angus, o Programa Carne Angus certificadas aumentou cerca de 26,8% nas exportações de carne, se comparado o período de janeiro a novembro de 2021 com o ano anterior. Os números da associação mostram que a China recebeu a maior parte da exportação (47%). A Palestina também se destacou, com 18% das aquisições. Além disso, receberam o produto certificado países como Emirados Árabes, Arábia Saudita, Singapura, Irã, Omã, Líbano, Bermudas e Catar (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ANGUS³, 2021).

O animal Aberdeen Angus é caracterizado pela precocidade de acabamento, alto grau de marmoreio, eficiência produtiva, ótima habilidade maternal e fertilidade, e de fácil adaptação a diferentes pastagens. Ao realizar o cruzamento deste com raças zebuínas, as quais são

reconhecidas pela grande resistência ao clima tropical brasileiro, capacidade de aproveitamento dos alimentos grosseiros e boa susceptibilidade a parasitas, podem fazer um cruzamento vantajoso, resultando em carne bovina de alta qualidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ANGUS³, 2021).

Diante de todos os fatores positivos relacionados ao Brasil para a criação de animais para produção de carne bovina, verifica-se a tendência dos alimentos em oferecer ao consumidor a possibilidade de adquirir produtos que ultrapassem a concepção de suprir as suas necessidades nutricionais primárias (GROOT, 2021). Neste sentido, abordar e aprofundar nas características de carne bovina é de suma importância não somente para a satisfação momentânea dos consumidores, mas também para sua recompra. Para as indústrias frigoríficas, principalmente para linhas de produtos *premium*, garantir a carne com a qualidade esperada, é a chave para manter e aumentar o *market-share* nos mercados nacionais e internacionais (SCOLLAN *et al.*, 2006).

O termo “qualidade de carne” é complexo e representa uma gama ampla de parâmetros que podem ser analisados nos produtos cárneos. Dentre as características de qualidade da carne, a maciez é a principal. Ela é ponderada no momento do consumo, sendo o atributo que faz com que o consumidor adquira novamente o produto e se disponha a pagar mais por ele (KOOHMARAIE *et al.*, 2002)

De acordo com Felício (1999), muitos fatores podem influenciar a maciez da carne bovina, como genética, sexo, maturidade, acabamento de gordura, promotores de crescimento, velocidade de resfriamento de carcaça, taxa de queda de pH, pH final e tempo de maturação.

As diferenças de maciez encontradas em carnes, quando se compara das provenientes dos animais zebuínos e taurinos, podem também estar atribuídas a diferentes níveis de enzimas proteolíticas encontradas nos músculos durante o *post-mortem* (SHACKELFORD *et al.*, 1995). Wheeler *et al.* (1990) e Whipple *et al.* (1990a) atribuem a maior concentração de calpastatina no músculo de animais zebuínos do que de taurinos. A calpastatina é o inibidor da ação da calpaína durante o processo de proteólise *post-mortem*.

Segundo Andreas *et al.* (1995) e McCormick (1994), dois fatores que são determinantes na maciez da carne bovina são o estado do complexo actomiosina, como também a quantidade e qualidade do colágeno intramuscular. O colágeno é um dos principais componentes do tecido conjuntivo e, à medida que o animal avança com a idade, a tenacidade aumenta devido a um aumento na estabilidade da ligação cruzada entre as moléculas de colágeno, fornecendo suporte estrutural ao músculo esquelético. No *post-mortem*, o colágeno é o principal responsável pela

dureza da carne e é um dos fatores de variabilidade da textura entre os diferentes músculos (Eggen; Hocquette, 2004; Purslow, 2005).

Tomando como base todos os fatores citados anteriormente, o presente estudo tem o objetivo de avaliar o efeito do tempo de maturação comercial em contrafilés de fêmeas Nelore e certificadas Angus em alguns dos parâmetros de qualidade de carne bovina (pH, cor instrumental, força de cisalhamento, perda de peso por cocção, comprimento do sarcômero, quantidade de colágeno total e porcentagem de colágeno solúvel).

2 OBJETIVO

Avaliar a influência do tempo de maturação no corte *longissimus thoracis et lumborum* (contrafilé) de fêmeas Nelore e certificadas Angus nos parâmetros de qualidade de carne bovina.

2.1 Objetivos específicos

Determinar a força de cisalhamento (maciez) no corte contrafilé de fêmeas Nelore e certificadas Angus, durante os períodos de 7, 14 e 21 dias de maturação;

Determinar os valores de pH, cor instrumental, perda de peso por cocção, quantidade de colágeno total e porcentagem de colágeno solúvel, nos contrafilés das fêmeas Nelore e certificadas Angus.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Raças bovinas

Uma raça pode ser definida como sendo um grupo de subespécie de animais domésticos com características externas definíveis e identificáveis que lhe permitem ser separadas por avaliação visual de outros grupos definidos de forma semelhante, dentro da mesma espécie, ou um grupo para o qual a separação geográfica e/ou cultural de grupos fenotipicamente semelhantes levou à aceitação de sua identidade própria (FAO, 1999).

Em suma, a raça pode indicar a melhor aptidão do determinado animal, ou seja, estabelecer em qual cadeia produtiva ele obterá melhor desempenho, como por exemplo, na cadeia láctea ou cárnea. Vale uma exceção apenas para as raças de dupla aptidão, nas quais terão o desempenho dividido, em alguns casos, em parte iguais, podendo ser classificado como um bom produtor tanto para carnes, como para leite (CHAVES *et al.*, 2017).

3.1.1 Classificação zoológica dos bovinos

Os bovinos são pertencentes à classe dos Mamíferos, ordem ungulados (presença de casco), da subordem Artiodáctilos (casco fendido), do grupo dos ruminantes, família *Bovidae*, subfamília *Bovinae*, nas quais temos as subespécies *Bos taurus indicus* e *Bos taurus taurus*.

3.1.2 Origem das raças zebuínas e taurinas

A família *Bovidae* (bovídeos), uma das 06 (seis) pertencentes ao grupo dos animais ruminantes, é composta por alguns mamíferos, as quais podemos dividir em animais domésticos, como as ovelhas, cabras e os bois, como também os selvagens, como os antílopes e bisontes. Na subfamília *Bovinae* estão os bois, os búfalos e os antílopes de chifres espirais (CHAVES *et al.*, 2017).

De acordo com a teoria monofilética, na qual baseia-se no ancestral único, o antecessor primitivo das diferentes raças bovinas atuais é o Urus ou Auroch (*Bos primigenius*). Antes de ser extinto em 1627, o Auroch foi difundido em toda a Europa, norte da África e sul da Ásia (MELO; SILVA, 2017).

Como resultado do isolamento geográfico e da formação de pequenos povoados, os acasalamentos passaram a ser mais consanguíneos, gerando-se linhagens evolutivas divergentes. Assim sendo, do ancestral original Auroch, geraram-se duas subespécies mais exploradas pelo ser humano: *Bos primigenius primigenius*, que deu origem ao gado europeu, da subespécie *Bos taurus taurus*, e o *Bos primigenius namadicus*, que formou o gado indiano ou zebu, da subespécie *Bos taurus indicus* (ROSA; MENEZES, 2014).

Chaves *et al.* (2017) descreveu várias características morfológicas que auxiliam na diferenciação entre os bovinos zebuínos e bovinos taurinos conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Características morfológicas de diferenciação entre os animais de origem zebuína e taurina.

BOVINOS ZEBUÍNOS	BOVINOS TAURINOS
Apresentam cupim	Não apresentam cupim
Cabeça mais comprida e estreita	Cabeça mais curta e larga
Orelhas compridas e pendentes ou curtas e pontiagudas	Orelhas retas, curtas e arredondadas
Chifres compridos e grossos	Chifres curtos e finos
Pescoço comprido e fino	Pescoço curto e grosso
Garupa estreita e inclinada	Garupa larga e horizontal
Membros mais compridos	Membros mais curtos
Cauda comprida e fina	Cauda grossa
Vassoura da cauda destacada	Vassoura da cauda bastante densa
Pele solta, fina e pregueada	Pele grossa com poucas pregas
Pelo curto e fino	Pelo grosso e comprido
Maior resistência ao calor	Menor resistência ao calor
Maior resistência a ecto e endoparasitas	Menor resistência a ecto e endoparasitas
Trato gastrointestinal mais curto	Trato gastrointestinal mais longo
Temperamento forte	Temperamento calmo

Fonte: CHAVES *et al.*, 2017.

3.1.2.1 Raças zebuínas

Nos países de clima tropical, as raças zebuínas (*Bos taurus indicus*) desempenham um papel importante na produção de carne e leite (SANTANA *et al.*, 2016). Registros do ano de

1813 relatam a primeira entrada de animais zebuínos no Brasil. Um casal de bovinos, muito semelhantes ao Nelore, desembarcou em Salvador (Bahia), devido à problemas mecânicos no navio que os transportava. Este casal de zebuínos deu origem ao tipo, que mais tarde seria chamado de gado “Malabar” (WEISS, 1956; SILVA, 1947).

A importação do gado zebu no Brasil foi iniciada no século XIX, na qual descendentes de animais foram importados da Índia. Segundo Lopes e Rezende (2001), o primeiro núcleo de Zebus puros foi estabelecido por D. Pedro I, em 1826, na Fazenda Real de Santa Cruz, próxima ao Rio de Janeiro, dando assim, origem ao mestiço zebuíno "China" que foi difundido pelo Brasil Central.

O Nelore, uma das principais raças pertencentes ao rebanho de zebuínos brasileiro, é o nome de um distrito da antiga Província de Madras, Estado de Andra, situada na costa oriental da Índia, onde foram embarcados os primeiros animais para o Brasil (ACNB, 2021).

A

Tabela 2 mostra algumas raças Zebuínas de maior expressão.

Tabela 2 - Origem e funções das raças Zebuínas de maior expressão.

Raça	Origem	Funções
Gir	Índia	Mista
Nelore	Índia	Carne
Nelore mocho	Brasil	Carne
Tabapuã	Brasil	Carne
Guzerá	Índia	Mista
Indubrasil	Brasil	Carne
Sindi	Índia	Mista
Brahma	EUA	Carne

Fonte: JÚNIOR, 2021.

Santana (2016) destaca como fatores para a grande disseminação da raça zebuína no Brasil, a adaptação inegável à altas temperaturas e pastagens com baixa qualidade nutricional, como também sua resistência a parasitas.

Para Rosa e Menezes (2014), as raças zebuínas por terem se desenvolvido em condições ambientais mais adversas e com histórico de seleção muito recente, possuem índices produtivos menores do que as taurinas europeias. Se comparado com os taurinos, o animal zebuíno é considerado de tamanho médio a pequeno e é mais tardio sexualmente. Apresentam maior

variabilidade no quesito qualidade de carne e menos convexidade nas massas musculares. Em contrapartida, suporta melhor altas temperaturas, radiação solar, umidade, endo e ectoparasitas. Estas características constituem o grande trunfo das raças zebuínas para sistemas de produção em meio ambiente tropical.

3.1.2.2 Raças mochas das ilhas britânicas

O grupo das raças mochas das ilhas britânicas é o grupo de menor porte entre as raças taurinas, tendo seu peso de abate em torno de 420 a 450 kg. Esta raça é caracterizada por excelentes características de fertilidade, precocidade sexual e de acabamento da carcaça. Além disto, oferece produtos cárneos com qualidade reconhecida mundialmente pela sua maciez, suculência e grau de marmoreio (gordura entremeada nos músculos). Deste grupo, destacam-se as raças Aberdeen Angus, Red Angus e Red Poll (ROSA; MENEZES, 2014).

Em função destas características e de serem geneticamente mochas, estas raças foram difundidas amplamente pelo mundo, para serem criadas puras ou em cruzamentos comerciais e para a criação de novas raças.

3.1.2.2.1 Aberdeen Angus

A raça Aberdeen-Angus recebe este nome por ser originária da região Angus, dos condados de Aberdeen, localizados no oeste e nordeste da Escócia. Os animais desta raça são descendentes do gado local de cor preta e foi reconhecida oficialmente em 1835 (SMAKUYEV *et al.*, 2021).

A seleção dos animais Angus iniciou-se em 1800, tendo praticamente três séculos de melhoramento genético. Estes animais são caracterizados pela alta qualidade de carne, rapidez na engorda, rusticidade e habilidade materna (FILHO, 2021).

Conforme a Associação Brasileira de Angus (2021), existem inúmeras razões para escolher a raça Angus ao estabelecer a base genética de um criatório. A longevidade associada à fertilidade, para as fêmeas Angus, representa, ao final, mais crias geradas em um mesmo período de tempo se comparado com outras raças. Estes fatores conferem à criação alta rentabilidade, tanto pelo número de novos bezerros, quanto pelo número de quilos obtidos por hectare. Em relação à sua rusticidade, os animais possuem fácil adaptação a diferentes condições climáticas e vegetação. No quesito precocidade, estes animais alcançam mais cedo a puberdade, representando um ciclo de desenvolvimento menor e mais rápido retorno ao

investimento do criador, além de sua alta eficiência na conversão de alimentos em músculo. Na questão qualidade de carne, a carne Angus se consagrou em todas as regiões do mundo por oferecer alta suculência, sabor ímpar e gordura na medida certa.

Para que um corte cárneo (produto final) receba em sua rotulagem o nome “Angus” é necessário haver uma parceria entre a planta frigorífica que irá abater os animais e a Associação Brasileira de Angus, através do Programa Carne Angus certificadas. O programa é reconhecido pela Confederação Nacional de Agricultura (CNA) e recebe auditoria externa da empresa europeia Tüv Rheinland, conferindo credibilidade internacional a carne Angus brasileira (CARNE ANGUS CERTIFICADA, 2021).

Em relação ao trabalho de certificação, este é realizado por técnicos credenciados da Associação, os quais não possuem qualquer vínculo empregatício com a indústria, cabendo a esta última, o pagamento de uma taxa pela prestação de serviço, como pelo ato de estampar o nome “Angus” em seus produtos.

O processo de certificação inicia-se desde o curral, onde são analisados o padrão racial do grupo dos animais. Posteriormente, na linha de abate, estes animais são inspecionados novamente, porém individualmente, verificando-se quanto a conformação da carcaça, maturidade e grau de acabamento de gordura. Somente recebem o carimbo de certificação, os animais que atenderam a todos os pré-requisitos estabelecidos. Para completar todo o ciclo de produção destes produtos, os técnicos também inspecionam as etapas de desossa, embalagem primária e secundária e expedição, garantindo assim, um produto de alta qualidade durante todos os processos (CARNE ANGUS CERTIFICADA, 2021).

3.2 Fatores que influenciam a qualidade de carne bovina

De acordo com Felício (1997), os fatores que influenciam a qualidade visual e sensorial da carne bovina podem ser divididos em dois grupos:

a) *Ante mortem*, ou também conhecidos como fatores intrínsecos, os quais estão relacionados com o sexo, genética, alimentação, estresse do animal, declínio do pH e idade ou maturidade;

b) *Post mortem* ou extrínsecos, os quais se ligam aos procedimentos operacionais exercidos pelas indústrias frigoríficas e outros *stakeholders* até o consumidor final, como o resfriamento de carcaças, estimulação elétrica, maturação e métodos de cocção.

3.2.1 Sexo

Devido ao dimorfismo sexual, ou seja, quando o macho e a fêmea de uma mesma espécie são distintos externamente, tem-se o diferente desenvolvimento dos tecidos entre os gêneros (macho, macho castrado e fêmeas). Em todas as espécies, o macho apresenta uma taxa anabólica de deposição de tecido muscular superior à das fêmeas e a deposição de tecido adiposo é mais tardia. O abate ocorrendo em idades semelhantes para os gêneros, e mantendo as outras características fixas, as fêmeas apresentam mais quantidade de tecido adiposo em relação aos machos (BRIDI; CONSTANTINO, 2021).

De acordo com Verbeke, 2010, o sexo do animal deve ser sempre avaliado concomitantemente com a maturidade do bovino. Fêmeas jovens (novilhas) acumulam gordura a um peso inferior, por sofrer soldadura das epífises ósseas em uma idade inferior em relação aos machos e sofrem menos estresse do que os touros, e esses fatores possuem total influência sob as características da carne. Assim, em um comparativo alternando apenas a influência do sexo, a probabilidade de as fêmeas jovens resultarem em uma carne de melhor qualidade do que os machos são maiores.

3.2.2 Genética

A genética é um fator crucial que pode influenciar as características do tecido muscular *in natura* e, portanto, do produto acabado (CUVELIER *et al.*, 2006).

Cundiff, (1992) relatou que a carne de touros *Bos indicus* (Brahman, Sahiwal e Nelore) é menos macia do que a de touros *Bos taurus*. A média da força de cisalhamento, analisada na lâmina WBSF (*Warner-Bratzler shear force*), obtida dos cruzamentos de Nelore foi 25% mais dura do que a média dos cruzamentos Hereford-Angus. Ressalta-se que todos os animais foram abatidos com idade média de 417 dias.

Diversos trabalhos relatam a superioridade de maciez obtida de animais *Bos taurus*, se comparados com a de animais *Bos indicus*. De acordo com Thompson, (2004), quanto maior a participação do último, menor os valores de maciez destes cortes, quando comparados com os das raças taurinas, pela maior concentração da enzima calpastatina nos músculos.

De acordo com Whipple *et al.* (1990), após as primeiras 24 horas de post mortem, os cortes obtidos de raças europeias, como por exemplo o *Bos taurus*, já possuem um processo de

maturação. Já para os obtidos de animais e misturas de *Bos indicus*, o processo é mais lento nas primeiras semanas.

3.2.3 Maturidade

Alguns estudos investigaram a relação da maciez de carne bovina com a maturidade (idade) de abate destes animais, sendo que a maioria deles, reportam um decréscimo no primeiro, quando há um avanço da idade (WULF *et al.*, 1996; HINER e HANKINS, 1950; TUMA *et al.*, 1963). Já Gullett *et al.* (1983), sugere que a maturidade das vacas de descarte de confinamento, não influenciou na qualidade final das costelas assadas, mas que as vacas jovens receberam classificações de carcaça Federal maiores e preços melhores do que as de descarte.

Com o avanço da idade, ocorrem a formação de ligações cruzadas intra e intermoleculares nas moléculas de colágeno, chamadas de piridinolina, o que confere uma maior termoestabilidade, ou seja, de difícil desnaturação e diminuição da solubilidade à atividade enzimática (LAWRIE, 2005).

Sob a perspectiva de qualidade da coloração da carne e gordura bovina, dependendo do tipo de alimentação fornecida aos animais, estes atingem o peso desejável de abate mais jovens ou mais velhos. Quanto mais tempo estes animais permanecerem no campo, maior será a concentração da proteína mioglobina nos músculos e, assim, mais escura será a carne. O mesmo acontece em relação a coloração da gordura, este parâmetro também é afetado diretamente pelo tempo, devido ao maior tempo de deposição de carotenoides provenientes das forragens (FELÍCIO, 1997).

Morales *et al.* (2003) também discorreu sobre qualidade de carne de animais jovens, as quais possuíam características desejáveis ao consumidor, como por exemplo, a proporção adequada de carne e gordura, tamanho constantes dos cortes, coloração, maciez e sabor.

Segundo a Instrução Normativa Nº 9 de 04 de maio de 2004 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2004):

“A maturidade é verificada pelo exame dos dentes incisivos, estabelecendo-se as categorias:

- Dente de leite (d) - animais com apenas a 1ª dentição, sem queda das pinças;*
- Dois dentes (2d) - animais com até 2 dentes definitivos, sem queda dos primeiros médios da primeira dentição;*
- Quatro dentes (4d) - animais com até 4 dentes definitivos, sem queda dos segundos médios da primeira dentição;*

- Seis dentes (6d) - animais com até 6 dentes definitivos, sem queda dos cantos da primeira dentição;
- Oito dentes (8d) - animais com mais de 6 dentes definitivos”.

A Tabela 3 mostra a evolução dentária dos bovinos.

Tabela 3 - Evolução dentária dos bovinos (primeira e segunda dentição).

Tipo de dentição	Tempo da primeira dentição	Tempo da segunda dentição
Pinças	Antes do nascimento	20 meses
Primeiros médios	Antes do nascimento	30 meses
Segundos médios	Antes do nascimento	38 meses
Cantos	15 primeiros dias após o nascimento	48 meses
Primeiro pré-molar	Ausente	Ausente
Segundo pré-molar	Entre 25 e 28 dias	26 a 30 meses
Terceiro pré-molar	Antes do nascimento	26 a 30 meses
Quarto pré-molar	Antes do nascimento	30 a 34 meses
Primeiro molar	-	4 a 6 meses
Segundo molar	-	15 a 18 meses
Terceiro molar	-	24 a 30 meses

Fonte: BRIDI, 2011.

A Tabela 4 ilustra a idade de erupção dos dentes incisivos permanentes, tanto para os animais de origem zebuína, como para os taurinos.

Tabela 4 - Idade aproximada para erupção dos dentes incisivos permanentes para as raças zebuínas e taurinas.

Incisivos permanentes	Idade aproximada de erupção	
	Zebuínos	Taurinos
2	20 - 24 meses	18 - 28 meses
4	30 - 36 meses	24 - 31 meses
6	42 - 48 meses	32 - 43 meses
8	52 - 60 meses	36 - 56 meses

Fonte: BRIDI, 2011.

3.2.4 Maturação

A conversão do músculo esquelético em carne é complexa e está relacionada com uma série de modificações metabólicas, físicas e estruturais. Ainda após a morte do animal, sua musculatura permanece em atividade, devido à reserva de glicogênio, sendo que somente após um conjunto de reações bioquímicas e biofísicas, é que o músculo se transformará em carne.

Na indústria frigorífica, esta transformação acontece nas câmaras de maturação sanitária de carcaças. A maturação sanitária tem como objetivo cumprir as exigências internacionais e a legislação brasileira, para que se possa garantir a qualidade higiênico-sanitária da carcaça, como também de fornecer subsídios necessários para a perfeita transformação do músculo em carne, por meio das reações bioquímicas.

Durante o processo de maturação sanitária, as meias carcaças, sem nenhum tipo de embalagem, são acondicionadas em amplas câmaras de resfriamento, climatizadas sob um sistema de produção de frio, permanecendo por um período mínimo de 24 horas, sob faixa de temperatura de 2,1°C a 5°C.

O código Zoosanitário Internacional da Organização Mundial de Sanidade Animal – OIE, declara que as carnes devem ser submetidas a um processo de maturação a uma temperatura superior a 2°C, isto é, temperatura levemente superior ao ponto de congelamento, durante um período mínimo de 24 horas após abate, e que, após este período, o pH da carne será medido no centro do músculo *Longissimus thoracis* (PITUCO, 2002).

Este processo, objetiva a inativação do vírus da febre aftosa. A febre aftosa é uma enfermidade viral, altamente contagiosa, de evolução aguda, que afeta naturalmente os animais artiodáctilo domésticos e selvagens: bovinos, bubalinos, ovinos, caprinos e suínos. O vírus é lábil em pH ácido (menor que 6) e alcalino (maior que 9). (SOUZA, 2007).

A maturação sanitária da carne inativa o vírus nos tecidos musculares esqueléticos e cardíacos, propiciado pela queda do pH, pela formação de ácido láctico, o qual usualmente acompanha o *rigor mortis*. Com o pH em torno de 6,0 o vírus é inativado a uma taxa de 90% por minuto, enquanto em pH 5,0 a taxa de inativação é de 90% por segundo (PITUCO, 2002).

Com a presença do oxigênio, o músculo em um animal vivo se contrai por um processo de gasto/recuperação de energia sob condição aeróbia. Embora o processo de contração é possível em condições anaeróbias, essa forma, no entanto, só é utilizada sob condições anormais, por ser pouco eficiente.

O animal recém abatido apresenta em seus músculos, ATP, fosfocreatina e possui um pH em torno de 6,9 a 7,2. No músculo vivo, o ATP circula continuamente para a manutenção do metabolismo (ROÇA, 2015).

O endurecimento dos músculos, ou mais conhecido como rigidez cadavérica, inicia nas primeiras horas após a morte do animal e pode durar várias horas, dependendo dos fatores intrínsecos e/ou extrínsecos do animal (estado geral, doença infecciosa, intoxicações, temperatura do ambiente e outros (COELHO, 2002).

Através da sangria, quando o suprimento de oxigênio é cortado, o músculo passa a utilizar o processo anaeróbio, resultando em um processo contrátil desorganizado. Nas etapas iniciais são degradadas as reservas de fosfocreatina, seguidas pelas reservas de glicogênio, outros carboidratos e finalmente o ATP, na qual é rico em energia. Como consequência, os prótons que são produzidos durante a glicólise, como também durante a hidrólise de ATP a ADP, causam diminuição significativa do pH intracelular. À medida que a quantidade de ATP diminui, aumenta a degradação do glicogênio, e como consequência, a formação do produto final do metabolismo anaeróbio, o ácido láctico (ROÇA, 2015).

Com o gasto dos depósitos energéticos, o processo contrátil começa a formar enlaces ou pontes permanentes entre actina e miosina, e o músculo vai perdendo a elasticidade e entra em *rigor mortis*. Com o início do *rigor mortis*, o músculo se torna inextensível e duro quando realizada a cocção. O rigor mortis começa a aparecer em torno de 9 a 12 horas após a sangria, atingindo um máximo em 20 a 24 horas, para então sofrer um progressivo declínio. Do ponto de vista tecnológico, considera-se carne o músculo que tenha passado pelo processo de *rigor mortis* (MANTENESE, 2002).

Um dos aspectos mais marcantes da transformação do músculo em carne é a queda do pH, inclusive a ponto de determinar a futura qualidade da carne (FEIJÓ, 2021).

À medida que a maturação continua, o músculo se torna flexível mais uma vez, tornando-se mais flexível com o aumento do tempo de maturação. O processo de condicionamento ou maturação solta os filamentos de actina na banda Z com a qual sua união, provavelmente via troponina, é mais fraca do que com a miosina. Os filamentos de actina colapsam sobre os da miosina, provocando o alongamento das bandas A, ocorrendo o enfraquecimento progressivo da junção das bandas A-I, demonstrado pelo aumento dos espaços vazios entre as bandas A e I do sarcômero (LAWRIE, 2005).

As principais enzimas presentes no processo de maturação são as calpaínas e as catepsinas capazes de hidrolisar as proteínas miofibrilares. O principal mecanismo ou sistema

relacionado com a maciez é o das calpaínas, estas são enzimas cálcio dependentes e apresentam três componentes principais:

- calpaína tipo I (enzima que requer baixos níveis ou micromoles, μ M, de cálcio), é ativada quando o pH decai de 6,8 para aproximadamente 5,7;
- calpaína tipo II (enzimas que requer níveis mais elevados ou milimoles, mM, de cálcio). É ativada quando o pH está em torno de 5,7 e é responsável pela continuidade do processo de amaciamento, estando ativa em torno das 16 horas post-mortem e assim permanecendo por longos períodos;
- calpastatina, que tem como principal função inativar as calpaínas. (Volpelli *et al.*, 2004)

Para Lonergan *et al.* (2010), pode-se citar como um outro importante ponto relacionado ao pH na atividade das calpaínas, é que devido a alterações nos seus níveis, o substrato alvo das calpaínas tenham alterações em sua estrutura, tornando-os mais acessíveis para a sua atuação, aumentando assim a proteólise, gerando carnes mais macias.

Segundo Li *et al.* (2009) e Varricchio *et al.* (2013), nos bovinos, já foram encontradas 10 isoformas da calpaína, sendo duas já bem estudadas, a μ -calpaína ou calpaína 1 e a m-calpaína ou calpaína 2, que são nomeadas em referência à quantidade necessária de cálcio para serem ativadas. Em suma, a μ -calpaína requer entre 5 e 65 μ M de Ca^{2+} , enquanto a m-calpaína requer entre 300 e 1000 μ M de Ca^{2+} . Dentre as calpaínas, pesquisas evidenciam que a μ -calpaína tem seu papel na proteólise no post-mortem mais acentuada que a m-calpaína, sendo mais importante no processo de amaciamento da carne (HOPKINS; THOMPSON, 2002). Este fato decorre da concentração de cálcio livre no período de rigor mortis ser somente suficiente para a ativação da μ -calpaína (DRANSFIELD, 1999). Assim, a m-calpaína tem um papel menos importante em bovinos (VEISETH *et al.*, 2001; CAMOU *et al.*, 2007).

As calpastatinas atuam impedindo as calpaínas de se ligarem às membranas, através das sequências de helicoidais. Já as calpaínas, degradam a desmina e enfraquecem a ligação da actina ao disco Z. A tropomiosina e a proteína da linha M também são degradadas. Foi evidenciado que durante o condicionamento de músculos bovinos, a troponina T sofre proteólise, com produção concomitante de quatro peptídeos. Salienta-se que o sistema calpaínas não tem ação sobre a actina ou a miosina em si e que ela está, de fato, localizada na linha Z (LAWRIE, 2005).

Para Koohmaraie (1994), após o processo de abate dos animais, várias mudanças acontecem no músculo esquelético, sendo que em algumas, tem-se a quebra da integridade do

tecido muscular, resultando em melhores escores de maciez. Estas mudanças podem ser resumidas nas seguintes etapas:

- 1) Enfraquecimento e/ou degradação do disco Z;
- 2) Degradação da desmina que leva à fragmentação das miofibrilas, provavelmente através da ruptura entre as miofibrilas;
- 3) Degradação dos filamentos de titina, que liga filamentos de miosina, ao longo de seu comprimento;
- 4) Degradação da nebulina;
- 5) Desaparecimento de troponina T e formação simultânea de polipeptídios com peso molecular entre 28 e 32 kDa;
- 6) Aparecimento de um polipeptídio com peso molecular de 95 kDa;
- 7) Miosina e actina, principais proteínas contráteis, não são afetadas.

Segundo Lawrie (2005), há um outro sistema enzimático envolvido no condicionamento da carne, principalmente o dos lisossomos. Diferentemente dos fatores sarcoplasmáticos ativados pelo cálcio (calpaínas) que têm o pH ótimo acima de 6, as catepsinas (B, D, H e L) dos lisossomos representam uma série de enzimas proteolíticas com pH ótimo abaixo de 6. Destas, as catepsinas H não podem degradar as proteínas miofibrilares nativas e, embora a catepsina D possa degradar as proteínas miofibrilares abaixo de pH = 5, sua ação no condicionamento *post mortem*, no pH final normal, de 5,5, é menor. Por outro lado, ambas as catepsinas, B e L, podem degradar essas proteínas no músculo *post mortem*. A catepsina L é, provavelmente, a mais importante proteinase lisossomal no condicionamento. Ela degrada as troponinas T e I, a proteína C rapidamente, e a titina (conectina), nebulina, a-actinina, tropomiosina, actina e as cadeias leves e pesadas da miosina de forma lenta. Sua ação no pH = 5,5 é mais rápida do que no pH = 6, porém mais lenta do que no pH = 5. A degradação da miosina não é significativa a menos que as circunstâncias sejam excepcionais.

Wheeler *et al.* (1990) e Whipple *et al.* (1990) observaram que animais zebuínos apresentam maiores concentrações de calpastatina no músculo se comparados aos taurinos. A calpastatina é o inibidor da ação da calpaína durante o processo de proteólise *post mortem*. Foi observada estreita relação entre este inibidor com a menor maciez da carne. Adicionalmente à isto, Wheeler, Cundiff e Koch (1994) citam que são encontrados menores níveis de μ -calpaína em animais *Bos indicus*.

Segundo Shackelfort *et al.* (1991), o nível de atividade da calpastatina duas horas *post mortem* pode ser usado como indicador da maciez final da carne. A carne de zebuínos é menos

macia que a carne de taurinos em virtude da proteólise reduzida das proteínas miofibrilares associada à alta atividade de calpastatina nos músculos.

Para Koohmaraie *et al.* (2002), a maciez final da carne refletirá a eficácia da degradação enzimática para desestruturar as miofibrilas compactadas durante o processo de *rigor mortis*. A eficiência da degradação enzimática depende do tempo de maturação e do nível de compactação das miofibrilas resultante do rigor mortis. O comprimento de sarcômero, o conteúdo de tecido conjuntivo e a proteólise das miofibrilas podem explicar grande parte, senão toda variação observada na maciez da carne maturada.

A tenderização é a definição de um termo genérico do processo que ocorre durante o período de maturação, na qual resulta em melhorias na maciez da carne e que pode ser medida somente no *post-rigor*. Tenderização reflete em proteólise, na qual é a degradação das proteínas em pequenas subunidades que ocorre durante o período de maturação (GOLL *et al.*, 1998).

A maturação da carne é frequentemente aplicada, principalmente no viés comercial, com a finalidade de se aprimorar as características sensoriais do corte, especialmente a sua maciez, sabor, aroma e suculência (ANDRIGHETTO *et al.*, 2006; PARRISH *et al.*, 1991). Duas técnicas de maturação bastante utilizadas são a “*wet-ageing*”, na qual o corte cárneo é colocado na embalagem a vácuo, e outra, “*dry-ageing*”, sem a proteção da embalagem, ambas sob refrigeração (CAMPBELL *et al.*, 2001).

A metodologia de maturação úmida compreende em manter as carnes *in natura*, desossadas, embaladas a vácuo e sob refrigeração entre 0 e 2°C, por um período variável, geralmente de 7 a 21 dias após o abate (MORAES, 2004; LAWRENCE *et al.*, 2006). O processo de embalar a carne a vácuo, deve-se à necessidade de controle do crescimento bacteriano. Carnes embaladas a vácuo possuem o retardamento do crescimento de bactérias aeróbicas putrefativas e o favorecimento do crescimento de bactérias lácticas, as quais produzem substâncias antimicrobianas (PUGA *et al.*, 1999), assegurando assim sua qualidade higiênico-sanitária.

Para Wheeler *et al.* (2005), o emprego da maturação na cadeia produtiva da carne bovina pode ser uma alternativa para o melhoramento da maciez destas carnes obtidas de animais de origem zebuína. Ela elimina as diferenças de textura de carnes entre as raças, como também entre os animais dentro da mesma raça, produzindo um produto mais homogêneo ao consumidor.

O processo de maturação comercial segue como uma alternativa para a indústria frigorífica e o varejo em oferecer um produto mais equalizado, em relação à maciez, utilizando-

se os animais em abundância no país, da raça Nelore, atendendo assim um dos principais atributos relacionados à qualidade de carne (DELGADO, 2006).

3.3 Características de qualidade de carne

3.3.1 pH

Para carnes bovinas, o potencial Hidrogeniônico (pH), está relacionado com o acúmulo de ácido láctico oriundo das mudanças *post mortem*. A quantidade e a taxa de acúmulo de ácido láctico na carne influenciam a sua qualidade final, modificando, direta ou indiretamente, a cor e aparência, o sabor e o aroma, a textura (maciez e suculência) e as propriedades funcionais, capacidade de retenção de água e capacidade de exsudação. Durante o processo de *rigor mortis* e da maturação da carne, o pH possui um papel marcante na contração, proteólise e desnaturação proteica, ocasionando mudanças na sua estrutura e, por conseguinte, na qualidade. Além disto, para a formação do sabor, muitas reações são dependentes do pH; portanto, a quantidade e a qualidade dos compostos aromáticos, que contribuem para o sabor da carne e de seus produtos, serão afetadas por esse parâmetro (RAMOS; GOMIDE, 2017).

Adicionalmente a isto, o pH tem um papel de suma importância, no que diz respeito ao crescimento microbiano, sendo que a acidificação da carne bovina é considerada uma excelente barreira à deterioração (Sigarini, 2004).

Conforme há a formação do ácido láctico, observa-se a queda do pH, que é explicada principalmente pela libertação de íons H^+ (Joaquim, 2002). Todavia, a conversão do glicogênio em ácido láctico apenas progride até ao momento em que o pH atinge um valor que é capaz de inativar as enzimas glicolíticas. Normalmente, esse valor de pH está em torno de 5,4 a 5,5 (Lawrie, 2005).

Vários fatores são comumente conhecidos como capazes de influenciar o pH, como: a espécie e genótipo do animal; o tipo e a forma em que a dieta é oferecida; o estresse pré-abate; e os procedimentos de insensibilização e de refrigeração das carcaças (RAMOS; GOMIDE, 2017).

De forma geral, os animais previamente ao processo de abate se deparam com algum nível de estresse, por não estarem em seu habitat natural, e estes podem refletir negativamente na qualidade da carne. O impacto deste efeito desfavorável necessita ser levado em

consideração o tipo, período de duração e intensidade dos fatores de estresse individuais pré-abate, como também a sensibilidade do animal a eles. O pH final da carne é diretamente dependente da quantidade de glicogênio existente no músculo (FERGUSON; WARNER, 2008).

De acordo com Petrolini (2014), a carne DFD, sigla das palavras em inglês Dark, Firm and Dry, que correspondem a escura, firme e seca, é um problema causado pelo estresse crônico antes do abate, que esgota os níveis de glicogênio. Há evidências de que o principal fator de indução do aparecimento da carne DFD seja o manejo inadequado antes do abate que conduz à exaustão física do animal. A carne DFD tem um pH alto em virtude das insuficientes reservas de glicogênio no momento do abate, apresentando valores superiores a 6,0.

Por outro lado, um estresse breve e intensivo imediatamente antes do abate induz à uma diminuição drástica no pH, à uma velocidade significativa, promovendo o desenvolvimento da carne PSE (Pale, Soft, Exudative – pálida, mole e exsudativa), sendo está muito comum em suínos, porém com incidência razoável em bovinos (PELICANO; PRATA, 2007).

Tanto a carne PSE quanto a DFD têm má aparência, propriedades tecnológicas e palatabilidade ruins (WARRISS; BROWN, 2000).

Segundo Poleti *et al.* (2018), um dos principais pontos de atenção das indústrias frigoríficas é no gráfico de queda do pH durante a transformação do músculo em carne. Carnes com valores de pH anormais, além de resultarem em características negativas na qualidade da carne, geram grandes perdas econômicas devido a não possibilidade de exportação para mercados internacionais.

O pH da carne bovina, considerando as condições adequadas de abate e fisiológicas do animal, no momento do abate é em torno de 6,9 a 7,2 e algumas horas depois, oscila entre 6,5 a 6,8. Após 24 horas de armazenamento, sob temperatura levemente superior ao ponto de congelamento, o pH médio situa-se entre 5,6 -5,8 (PITUCO, 2002).

3.3.2 Cor

A cor da carne é um dos fatores mais importantes que afetam a aceitação do consumidor, as decisões de compra e a satisfação dos produtos cárneos. As medições de cor são feitas usando o sistema de cores *Commission International De L'Eclairage* (CIE) (Commission International De L'Eclairage, 1976). As três coordenadas de cores fundamentais são L*, a* e b*. A L* mede a luminosidade sendo uma medida da luz refletida (100 = branco;

0 = preto); a* mede vermelho positivo, verde negativo e b* mede amarelo positivo, azul negativo (COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE, 1976).

Pode-se dizer que os principais pigmentos responsáveis pela cor da carne são a mioglobina e hemoglobina, principalmente a primeira, na qual é responsável por 80% da pigmentação. Em menor relevância, outros pigmentos como catalase e citocromo-enzimas podem ser citados (KROPF, 1993).

A mioglobina e a hemoglobina são compostas, em grande parte, por proteínas. A mioglobina é o pigmento muscular que retém o oxigênio nos tecidos, já a hemoglobina é o pigmento sanguíneo que fica responsável pelo transporte do oxigênio na corrente sanguínea.

A mioglobina pode ser encontrada no músculo como oximioglobina, desoximioglobina e metamioglobina. Essa transformação é dependente do estado do íon ferro e as ligações que são feitas com oxigênio. Assim, a concentração como o seu estado de oxigenação ou oxidação, na superfície da carne, representam a cor da carne (RAMOS; GOMIDE, 2007).

A quantidade de mioglobina varia com a espécie, sexo, idade, localização anatômica do músculo, atividade física, pelo tipo de fibra muscular bem como pelo nível de sangria do animal no abate (CORNFORTH, 1994).

Os animais de pasto exibem mais mioglobina do que os animais confinados, devido às diferenças na atividade física (SHORTHOSE; HARRIS, 1991) e, portanto, diferenças na cor da carne.

Embora existam relatos contrastantes sobre os efeitos da raça na cor da carne, estas diferenças foram associadas a variações na gordura intramuscular, conteúdo de umidade e mudanças dependentes da idade no conteúdo de mioglobina muscular (LAWRIE; LEDWARD, 2006) e o pH final do músculo (HECTOR *et al.*, 1992), com pH final mais alto sendo associado a cortes escuros. Alguns autores (CHAMBAZ *et al.*, 2003; MUIR *et al.*, 2000; REVILLA; VIVAR-QUINTANA, 2006) não relataram efeitos da raça na cor da carne.

Em um corte cárneo, proveniente de um animal recém abatido e desossado, ao realizarmos o corte com a faca, observamos a cor vermelho púrpura, devido principalmente à mioglobina. Este mesmo corte, ao ficar exposto ao ar, em torno de 30 a 40 minutos, faz com que a mioglobina reaja com o oxigênio molecular, devido à grande afinidade, formando um outro pigmento relativamente estável, a oximioglobina, pelo processo denominado oxigenação. A oximioglobina é um pigmento que resulta na cor vermelho brilhante, ou “vermelho cereja”, que proporciona um aspecto atraente ao consumidor (CORNFORTH, 1994).

Esta última reação é reversível e é chamada de desoxigenação, causada pela dissociação do oxigênio devido ao baixo pH, aumento da luz ultravioleta e baixa tensão de oxigênio (RAMOS; GOMIDE, 2007).

A desoxigenação da oximioglobina resulta na mioglobina reduzida, na qual é muito instável. As condições que causam desoxigenação também são responsáveis pela oxidação formando a metamioglobina, de coloração marrom, indesejável. Este processo de formação desta cor é considerado um sério problema para o varejo, uma vez que os consumidores geralmente a associam com “carne velha” ou armazenadas por um longo período, embora possa haver a formação da metamioglobina em alguns minutos (MACDOUGALL, 1994).

A formação desta cor constitui um sério problema para a venda da carne, porque a maioria dos consumidores a associam com um longo período de armazenamento, embora possa haver a formação da metamioglobina em poucos minutos (GREER; JONES, 1991).

Em carnes frescas, o acúmulo de metamioglobina não acontece tão frequente devido à substâncias redutoras (ROÇA, 2000). Baixas pressões de oxigênio, altas temperaturas, nas quais ativam as enzimas que utilizam o oxigênio, presença de sal (elemento oxidante) e bactérias aeróbias, as quais reduzem a tensão de oxigênio, propiciam a formação da metamioglobina (MACDOUGALL, 1994).

Relacionada à cor da gordura subcutânea dos cortes bovinos, animais alimentados a pasto por um longo período, podem apresentar uma gordura de cor mais amarelada, devido aos altos níveis de beta-caroteno contido na grama. Esta cor amarela da gordura é medida objetivamente por coordenadas b^* . Além disso, as rações à base de forragem, bem como diferentes forragens e mudanças sazonais, permitem carcaças com aparência mais escura e magra ou gordura de aparência amarela (BAUBLITS *et al.*, 2004).

3.3.3 Maciez

A textura da carne pode ser considerada a manifestação das propriedades reológicas da carne, ou seja, a manifestação sensorial da sua estrutura e a maneira com que esta reage à força aplicada durante a mastigação e a outras sensações específicas envolvidas no ato de degustação (RAMOS; GOMIDE, 2017). Szczesniak (1963) definiu como “a manifestação sensorial das propriedades mecânicas e estruturais dos alimentos, detectada através do senso fisiológico de visão, tato e o conjunto de sensações obtidas na boca durante ou após a ingestão de um alimento ou bebida, que estão relacionados à densidade, viscosidade, tensão superficial e outras propriedades físicas do alimento”.

Para Lawrie (2005), a textura, de forma geral, envolve três aspectos: 1) a propensão de penetração dos dentes na carne; 2) a facilidade de fragmentação ou ruptura da carne; e 3) a quantidade de resíduos após a mastigação. A textura é, portanto, proveniente da natureza do alimento e não apenas de uma única propriedade, e sim de um grupo, estando mais associada ao senso físico do que ao químico. Ressalta-se que este último pode contribuir para o estabelecimento das características físicas da textura, especialmente na maciez de produtos cárneos processados. Tratando-se da carne fresca, a maciez é um dos principais atributos que influenciam a sua palatabilidade.

Levando em consideração todos os atributos que contribuem para a qualidade da carne durante a degustação, pode-se dizer que a maciez tem sido a mais importante para determinar a aceitabilidade e satisfação do consumidor (MORGAN *et al.*, 1991). Ramos & Gomide (2017) citam que a variabilidade no atributo maciez é identificado como um dos maiores problemas das indústrias, especialmente a da carne bovina. Boleman *et al.* (1997) observaram que os consumidores estão dispostos a pagar mais caro pela garantia da maciez da carne.

De acordo com Miller (2020), os consumidores evidenciam que a maciez é um dos fatores determinantes que afetam uma experiência satisfatória de comer carne. Como consequência, os consumidores estão dispostos a pagar um prêmio por um produto cárneo que possa ter sua maciez garantida (LUSK *et al.*, 2001).

A maciez da carne é afetada por diversos fatores, sendo eles *ante e post mortem*. Como fatores *ante-mortem* destacam-se a genética, a raça, o sexo, o stresse pré-abate, a idade, a nutrição, o exercício, o comprimento dos sarcômeros (ROÇA, 2000), assim como a quantidade e solubilidade do tecido conjuntivo (PURSLOW, 2005).

Segundo Lawrie (2005), o nível de maciez pode ser relacionado a três categorias de proteínas presentes no músculo: as tecido conjuntivo (colágeno, elastina, reticulina e mucopolissacarídeos da matriz), da miofibrila (actina, miosina e tropomiosina) e do sarcoplasma (proteínas sarcoplasmáticas e retículo sarcoplasmático). A importância de sua relativa contribuição depende de circunstâncias como o grau de contração das miofibrilas, o tipo de músculo e a temperatura de cocção.

A maciez da carne fresca é, fundamentalmente, dependente de três fatores: 1) da dureza intrínseca; 2) da fase de dureza; e 3) da fase de amaciamento. Enquanto que as últimas duas fases ocorrem durante o armazenamento *post mortem*, a primeira (dureza intrínseca) é de natureza da carne no momento de abate e não se altera, substancialmente, durante o período de maturação. Esta dureza inicial é proveniente do tecido conectivo, mais especificamente da organização e estruturação das moléculas de colágeno. A fase de dureza é oriunda do

encolhimento da estrutura miofibrilar e, logo, do músculo durante o processo do *rigor mortis*. Por fim, a fase de amaciamento é a degradação post mortem da estrutura miofibrilar que ocorre, essencialmente, pela ação das enzimas endógenas. Desta forma, a análise de maciez da carne torna-se uma ferramenta importante para determinar a qualidade durante o ato de degustação (RAMOS; GOMIDE, 2017).

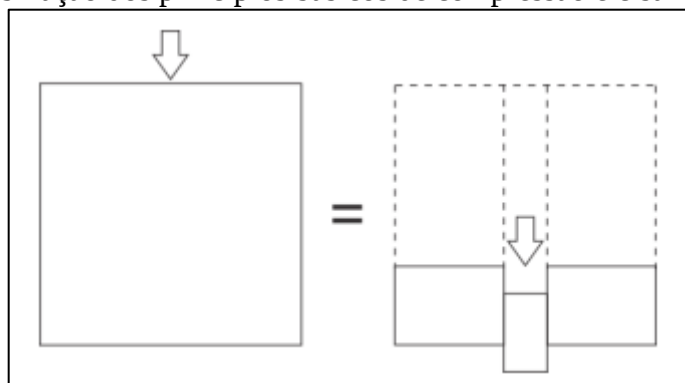
Para a análise de maciez, podem-se utilizar dois métodos: subjetivos e/ou objetivos. O método subjetivo, recorre a um painel sensorial, na qual um grupo de pessoas, treinadas ou não, à depender do objetivo da análise, classifica as carnes em relação ao atributo maciez após terem provado estas (ALVES *et al.*, 2005).

Para as análises objetivas, estas são baseadas em métodos físicos e químicos. Entre os métodos físicos, cita-se a análise de textura por meio de equipamentos específicos (análise instrumental), os texturômetros, os quais avaliam diversos parâmetros reológicos da carne. Comumente utiliza-se na avaliação de maciez da carne cozida. Existem outros métodos físicos, como a determinação do comprimento do sarcômero e o grau de fragmentação miofibrilar (medida da degradação estrutural oriunda da atividade enzimática), os quais são utilizados para prever a maciez, utilizando-se carnes cruas (RAMOS; GOMIDE, 2017).

Já para os métodos químicos, utiliza-se a determinação do tecido conectivo (quantificação e estruturação) e a da capacidade de retenção de água (relacionada à suculência), assim como a avaliação direta da atividade enzimática (calpaínas e catepsinas) (RAMOS; GOMIDE, 2017).

A avaliação instrumental, utilizando-se o equipamento texturômetro, através da mensuração da força de cisalhamento, é a principal ferramenta utilizada em estudos relacionados à textura da carne. Por definição, a força de cisalhamento é a força que divide a amostra em partes contíguas por um deslizamento relativo de uma sobre a outra, numa direção paralela aos seus planos de contato obtendo a separação da amostra, quando se aplica força de corte ou uma mudança de posição. De acordo com Chaib (1973), a combinação dos métodos de compressão e cisalhamento, simulam o consumo do corte cárneo, ou seja, ação causada pelos dentes neste alimento, compressão, seguida de cisalhamento Figura 1.

Figura 1 - Combinação dos princípios básicos de compressão e cisalhamento.



Fonte: (adaptada de Chaib, 1973)

O fato de relacionar e medir a força de cisalhamento de uma amostra de carne cozida com sua maciez foi criada na década de 1920, por Warner e seus associados. Posteriormente, alguns detalhes da metodologia foram alterados, como a espessura e forma da lâmina, velocidade, entre outros (BRATZLER, 1932).

Em 1969, Smith, Carpenter e King, determinaram como padrão para a predição da maciez em carnes pela força de cisalhamento Warner-Bratzler Shear Force (WBSF). Estes pesquisadores avaliaram protocolos WBSF e seus efeitos sobre valores de maciez subsequentes.

A técnica de força de cisalhamento Warner-Bratzler permitiu proporcionar maior rendimento em relação aos painéis sensoriais treinados e adicionou um avanço no grau de objetividade. Para o corte cárneo *Longissimus thoracis*, foi demonstrado que a WBSF é altamente repetitiva quando os protocolos de medição são executados corretamente (WHEELER et al., 1994; WHEELER; SHACKELFORD; KOOHMARAIE, 1997).

3.3.4 Perda de peso por cocção

A quantidade de umidade presente na carne assada determina sua suculência e sua maciez. A água da carne pode estar livre ou ligada. A ligada está associada a proteínas por meio de ligações de hidrogênio, as quais são influenciadas pela carga superficial e pela polaridade da proteína. A livre é mantida por forças capilares em diferentes compartimentos do tecido do músculo, por exemplo, nos espaços entre os miofilamentos, entre as miofibrilas e fora das fibras. Essa forma de água é a mais predominante na carne (70–90%). Condições de desnaturação, como armazenamento de peças congeladas, oxidação e acúmulo rápido de ácido no pós-morte enquanto a temperatura permanece alta, fazem com que ocorra redução da água ligada na carne (DAMODARAN; PARKIN, 2019).

A capacidade de ligação das proteínas à água geralmente diminui à medida que a temperatura aumenta, devido à redução das ligações de hidrogênio e à diminuição da hidratação dos grupos iônicos (DAMODARAN; PARKIN, 2019).

A capacidade de retenção de água refere-se à capacidade da proteína de absorver água e retê-la contra a força gravitacional dentro de uma matriz proteica, como em géis proteicos ou nos músculos de carne bovina. Essa água corresponde ao somatório da água ligada, da água hidrodinâmica e da água aprisionada fisicamente (capilaridade). Esta última contribui mais para a capacidade de retenção de água do que as águas ligada e hidrodinâmica. No entanto, estudos mostraram que a capacidade de retenção de água das proteínas está correlacionada positivamente à capacidade de ligação à água. A capacidade das proteínas de aprisionar água está associada à suculência e à maciez dos produtos de carne triturada e às propriedades de textura desejáveis (DAMODARAN; PARKIN, 2019).

3.3.5 Comprimento do sarcômero

A primeira abordagem sobre a relação do encolhimento do sarcômero pelo frio e maciez de carne bovina foi relatada por Locker (1960) e posteriormente por outras pesquisas. Estas pesquisas elucidam que o comprimento da unidade contrátil do músculo (sarcômero) está diretamente correlacionado com a maciez da carne (RAMOS; GOMIDE, 2017).

Olsson *et al.* (1994) também destaca que este encurtamento pelo frio tem um papel importante na textura da carne, e que este fenômeno ocorre com maior intensidade em fibras com atividade predominantemente oxidativa, como as fibras vermelhas.

O encurtamento máximo dos sarcômeros é a principal consequência do processo de *rigor mortis*. Bridi *et al.* (2011) define o sarcômero como a área de uma fibra muscular delimitada por duas linhas Z, sendo a unidade contrátil da fibra muscular, tendo seu tamanho final alcançado no *rigor mortis*. Durante o encurtamento máximo, o músculo pode diminuir até $\frac{1}{3}$ do seu comprimento original, como resultado da sobreposição dos miofilamentos, aumentando a rigidez da carne (DA COSTA, 2007).

Na classe dos mamíferos, os miofilamentos grossos possuem diâmetro de 14 a 16 nm e comprimento de 1,5 μ m, enquanto os miofilamentos finos, de 6 a 8 nm de diâmetro e 1,0 μ m de comprimento em cada lado da linha Z. Desta forma, o comprimento do sarcômero, é avaliado como a distância entre duas linhas Z, a qual dependerá do estado de contração do músculo. Em estado de repouso, o músculo esquelético de mamíferos possui um sarcômero com comprimento médio aproximado de 2,5 μ m (RAMOS; GOMIDE, 2017).

A maciez é reconhecidamente um atributo de destaque para a qualidade da carne bovina. Pelo fato de ser uma característica influenciada por muitos fatores, é de difícil previsão antes do momento do consumo (KOOHMARAIE, 1994). Um fator geralmente associado à maciez é o grau de contração do tecido muscular, causado pela exposição do músculo a baixas temperaturas antes do estabelecimento do rigor mortis, fenômeno conhecido como *cold shortening* ou encurtamento pelo frio (PARRISH *et al.*, 1973). Este pode causar um aumento de quatro a cinco vezes na força necessária para cisalhar um pedaço de carne (MARSH, 1977). O tecido muscular sofre maior encurtamento quando está em pré-rigor e na temperatura entre 2 e 37°C, exceto na faixa de temperatura entre 14 e 19°C, onde o encurtamento é mínimo (LOCKER; HAGYARD, 1963).

Para Devine *et al.* (2002), quanto maior o comprimento do sarcômero durante o *rigor mortis* em músculos bovinos mantidos a temperaturas de 10-18°C, resultará em carne mais macia, que está relacionado com o mínimo encurtamento e o máximo potencial de extensão na resolução do processo, devido à influência da temperatura na sobreposição entre os filamentos de actina e miosina. Tornberg *et al.* (1996) abordaram que outro fator importante que influencia o desenvolvimento do rigor é o grau de sobreposição que ocorre entre os filamentos de actina e miosina.

Por estes fatos, o projeto para desenvolvimento das câmaras de resfriamento de carcaças bovinas deve ter como premissa este fenômeno, como também outros não relacionados à maciez, como o processo de perda de peso e crescimento microbiano.

Smulders *et al.* (1990) ilustraram que a relação entre o comprimento do sarcômero e a maciez percebida sensorialmente pode ser expressa por uma curva sigmoideal com ponto de inflexão em 1,8 mm, na qual maiores valores estão associados à maciez da carne. Outros autores tem corroborado com as observações de Smulders e colaboradores, sendo demonstrado que a dureza da carne inicia quando o comprimento do sarcômero atinge valores menores que 2,0 mm. Wheeler *et al.* (2000) sugerem que a variável comprimento do sarcômero seja abordada como dois grupos distintos (sarcômero > 2,0 mm e sarcômeros < 2,0 mm), que integram de forma diferente com o grau de proteólise e o teor de colágeno da amostra. De acordo com estes autores, nas amostras com sarcômero > 2,0 mm a maciez é independente das variáveis proteólise e colágeno, já nas amostras com sarcômero < 2,0 mm, ambas as variáveis (proteólise e colágeno) estão relacionadas à maciez.

Afirmam que, o encurtamento acontece de forma mínima (em torno de 10% do comprimento muscular), quando a temperatura no início do *rigor mortis* situa-se entre 15 e 20°C. Entre 20 e 40°C, ocorre cerca de 30% e, entre 14 e 0°C, 50% de encurtamento. Se a

sobreposição dos miofilamentos resulta num encurtamento superior a 20%, já ocorre prejuízo perceptível da maciez. Esse efeito de endurecimento aumenta até um pico em torno de 40% de encurtamento.

Segundo Koohmaraie (1996), no primeiro dia *post mortem* é comum esta forte correlação entre o comprimento dos sarcômeros e a força de cisalhamento, ao passo que, à medida que ocorre a maturação da carne, essa correlação torna-se mais fraca, devido às rupturas transversais nas miofibrilas, pela ação enzimática, na medida em que progride a resolução do *rigor mortis*.

Sendo assim, por mais que a medida do comprimento do sarcômero de músculo pós-rigor possa ser considerado uma indicação grosseira do arranjo molecular das miofibrilas, trata-se de um método simples e objetivo para se estimar o grau de contração, sendo útil para predizer a maciez da carne (RAMOS; GOMIDE, 2017).

3.3.6 Teor de colágeno

Diretamente relacionado com a textura e maciez, o tecido conectivo exerce um papel importante na composição da carne. As diferenças na maciez de carnes estão associadas à idade de abate, função do músculo em questão e sexo, as quais podem variar na quantidade deste tecido conectivo. O colágeno compõe grande parte da estrutura do tecido conectivo, e em grandes quantidades, pode implicar em uma menor maciez da carne *in natura* (RAMOS; GOMIDE, 2017).

A palavra colágeno deriva do termo grego *Kolla* = cola e *geno* = produção, ou seja, a produção de cola a partir de diferentes matérias-primas. O colágeno, conhecido como a cola mais antiga do mundo, era obtido a partir do aquecimento da pele e tendões de alguns animais, como os cavalos e os bovinos, sendo muito utilizado como adesivo, revestimento protetor de tecidos bordados e fabricação de instrumentos musicais (SHIMOKOMAKI, 1991).

Os tecidos conectivos são geralmente compostos por poucas células (fibroblastos) e uma boa quantidade de substância extracelular. Esta substância extracelular, varia de um gel fraco à uma massa fibrosa rígida, sempre contendo fibras extracelulares embebidas numa substância amorfa fundamental (glicoproteínas), que fornecem os elementos estruturais ao tecido conjuntivo. A quantidade relativa dos vários tipos de fibras, células e substância fundamental varia muito de uma região do organismo para a outra, dependendo das exigências estruturais locais (RAMOS; GOMIDE, 2017).

O colágeno, uma proteína fibrosa e insolúvel, integra a matriz extracelular do tecido conjuntivo. Como proteínas principais desta matriz, elas perfazem aproximadamente 25% da massa protéica total do organismo, possuindo uma grande relevância na arquitetura tecidual mantendo a estrutura física de uma espécie, devido à grande resistência mecânica conferida pela sua organização macromolecular que resulta na formação de fibras (RODRIGUES, 2009).

O principal papel do colágeno no músculo é suportar as fibras musculares, pois para se obter um determinado movimento, ele promove a transmissão da força contráctil das unidades miofibrilares ao esqueleto. Desta forma, é o principal componente dos ligamentos, tendões, constituindo ainda a rede protéica (endomísio, perimísio e epimísio) responsável pela estruturação e suporte muscular; além de fornecer a matriz sobre a qual ocorre a calcificação nos dentes, cartilagens e osso (RAMOS; GOMIDE, 2007).

A molécula de colágeno (tropocolágeno) é composta por três cadeias a enoveladas, dando origem a uma estrutura polipeptídica de típlice-hélice estabilizada por ponte de hidrogênio. As hélices da molécula de tropocolágeno se diferenciam da estrutura de α -hélice devido à presença em grande quantidade dos aminoácidos prolina e hidroxiprolina, que interferem nessa estrutura. A hidroxiprolina é um aminoácido presente nas proteínas do tecido conectivo (colágeno, elastina e reticulina) e que não aparece em quantidades significativa em outras proteínas. A quantidade de hidroxiprolina é constante no colágeno (aproximadamente 14%), o que permite que este aminoácido seja utilizado como indicador na determinação da quantidade de colágeno nos tecidos (RAMOS; GOMIDE, 2017).

Segundo GOMÉZ-GUILLÉN et al. (2002), a hidroxiprolina é, portanto, o aminoácido mais importante, devido à capacidade de estabelecer pontes de hidrogênio pelos grupamentos OH, ajudando na estabilidade da molécula. Assim, a temperatura de desnaturação e a quantidade de hidroxiprolina e prolina presente nesta proteína são consideradas como fatores responsáveis pelo possível desdobramento e fácil solubilidade da hélice de colágeno.

Além das ligações de ponte de hidrogênio, grande parte da resistência das fibrilas de colágeno é atribuída as ligações covalentes formadas entre as cadeias α na molécula de tropocolágeno (RAMOS; GOMIDE, 2017).

De acordo com LIRA (1997) existem dois tipos de ligações cruzadas no colágeno: ligações intramoleculares, as quais ocorrem entre as cadeias α na molécula de tropocolágeno e com função ainda não bem esclarecida, como as ligações intermoleculares, que ligam uma tripla hélice a outra e são essenciais para o mecanismo de estabilidade da fibra de colágeno.

Para Ramos & Gomide (2017), à medida que o animal envelhece, as ligações intermoleculares são convertidas de maneira redutível (solúvel) para uma forma mais estável,

não redutível (insolúvel). A natureza dessa última ainda não é totalmente conhecida, mas, em geral, animais mais velhos possuem maiores ligações cruzadas entre as fibras de colágeno do que animais mais novos. Além disso, com o avanço da idade do animal, essas ligações tornam-se mais resistentes ao calor, gerando resíduos que persistem mesmo após a hidrólise.

Para Ramos & Gomide (2007), de forma geral, a composição, a quantidade e o arranjo do tecido conjuntivo intramuscular afetam a textura da carne, como também as mudanças que ocorrem no músculo com a idade do animal.

Apesar de compor em pequena quantidade o total das proteínas musculares (de 2 a 5%), o colágeno é responsável por várias mudanças de textura em carnes durante seu cozimento. Com o aumento da temperatura pelo cozimento, acontece o amolecimento da estrutura do colágeno, pelo encolhimento de suas fibras, e, persistindo este aquecimento, sua conversão em gelatina (RAMOS; GOMIDE, 2017).

No parâmetro solubilidade, muitos trabalhos têm estudado os efeitos do processo de aquecimento na quebra das ligações cruzadas e na desnaturação do colágeno, bem como as decorrentes alterações nas características e textura da carne cozida, indicando algumas correlações com estas mudanças, como por exemplo, o método de cozimento, binômio tempo-temperatura, grau de umidade e taxa de penetração do calor (HADLICH, 2011).

Segundo Bailey & Sims (1977), a diferença na maciez da carne de animais jovens e velhos, em relação ao teor de colágeno, ocorre devido ao fato de que nos primeiros, a síntese de grandes quantidades de colágeno novo é mais rápida do que no segundo. Como no colágeno novo existem poucas ligações cruzadas (que reduzem a solubilidade da molécula de colágeno) este colágeno é facilmente solubilizado quando da aplicação de calor (cozimento). Este fato é evidenciado em trabalho que mostram uma diferença marcante na solubilidade do colágeno, onde em animais jovens de 8-9 semanas, 22% do colágeno intramuscular é solubilizado em água quente, em novilhos de 10 meses, essa solubilidade reduz para 12% e em vacas adultas, a solubilidade cai para 4% (OLIVEIRA *et al.*, 1998).

Além disto, acredita-se também que o tamanho do diâmetro da fibra, como o tipo de colágeno no músculo, também interfere na textura da carne. Fibras maiores podem “proteger” o centro das moléculas de colágeno da desnaturação durante o cozimento, simplesmente devido à sua integridade estrutural e tamanho. Já quanto ao tipo de fibra de colágeno, estudos evidenciam correlações entre a grande quantidade de colágeno tipo III e a dureza (RAMOS; GOMIDE, 2017).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Materiais

A coleta das amostras foi conduzida na planta frigorífica da empresa Minerva Foods, situada na cidade de Palmeiras de Goiás, estado de Goiás. Para o estudo, foram selecionadas nove carcaças de animais fêmeas Nelore - NE (peso médio 209 kg) e nove de animais fêmeas cruzadas certificadas Angus – CA (peso médio 231 kg), totalizando 18 meias carcaças, todas com idades em torno de 24 meses. Em relação a alimentação destes animais, para o tratamento NE, as fêmeas permaneceram a pasto e as fêmeas CA, somente nos últimos cem dias, receberam uma alimentação proteínada a pasto. Na classificação de carcaças após o abate, ambos os tratamentos apresentaram cobertura de gordura uniforme.

Em relação a maturidade destas fêmeas, estas foram selecionadas apenas após receberem a checagem de dentição realizada pela Inspeção Federal da planta frigorífica. As fêmeas Angus foram selecionadas somente após serem classificadas pelos técnicos da associação do Programa Carne Angus, presentes na unidade frigorífica, com idade que variava de dente de leite à 04 (quatro) dentes permanentes. Já para a raça Nelore, foram selecionadas somente com 02 (dois) dentes permanentes.

A Tabela 5 ilustra a divisão dos tratamentos citados acima.

Tabela 5 - Classificações dos tratamentos selecionados para o estudo.

Sexo	Raça	Maturidade	n (quantidade de carcaças)
Fêmea	Certificadas Angus (CA)	Dente de leite	01
		02 dentes	05
		04 dentes	03
Fêmea	Nelore (NE)	02 dentes	09

Em relação ao processo de abate, as carcaças selecionadas para o teste passaram por todas as etapas da Inspeção Federal e foram submetidas à estimulação elétrica de média voltagem, conforme procedimento já implementado na planta frigorífica, 300 Volts e 15 Hertz.

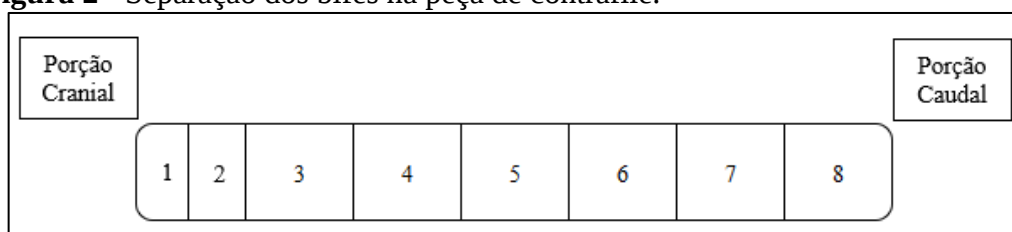
As meias carcaças esquerdas selecionadas foram desossadas após 48 horas do abate, quando foram coletados cortes de 30 cm de contrafilé, na altura da 9ª costela, em sentido caudal.

Os cortes foram embalados à vácuo, acondicionados em caixas de isopor com gelo e encaminhados para o Abatedouro-escola da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, a Universidade de São Paulo, Campus de Pirassununga, Estado de São Paulo, nos quais foram acondicionados em câmara fria ($0\pm2^{\circ}\text{C}$) e permaneceram nesta condição até o início das análises.

4.2 Preparação das amostras

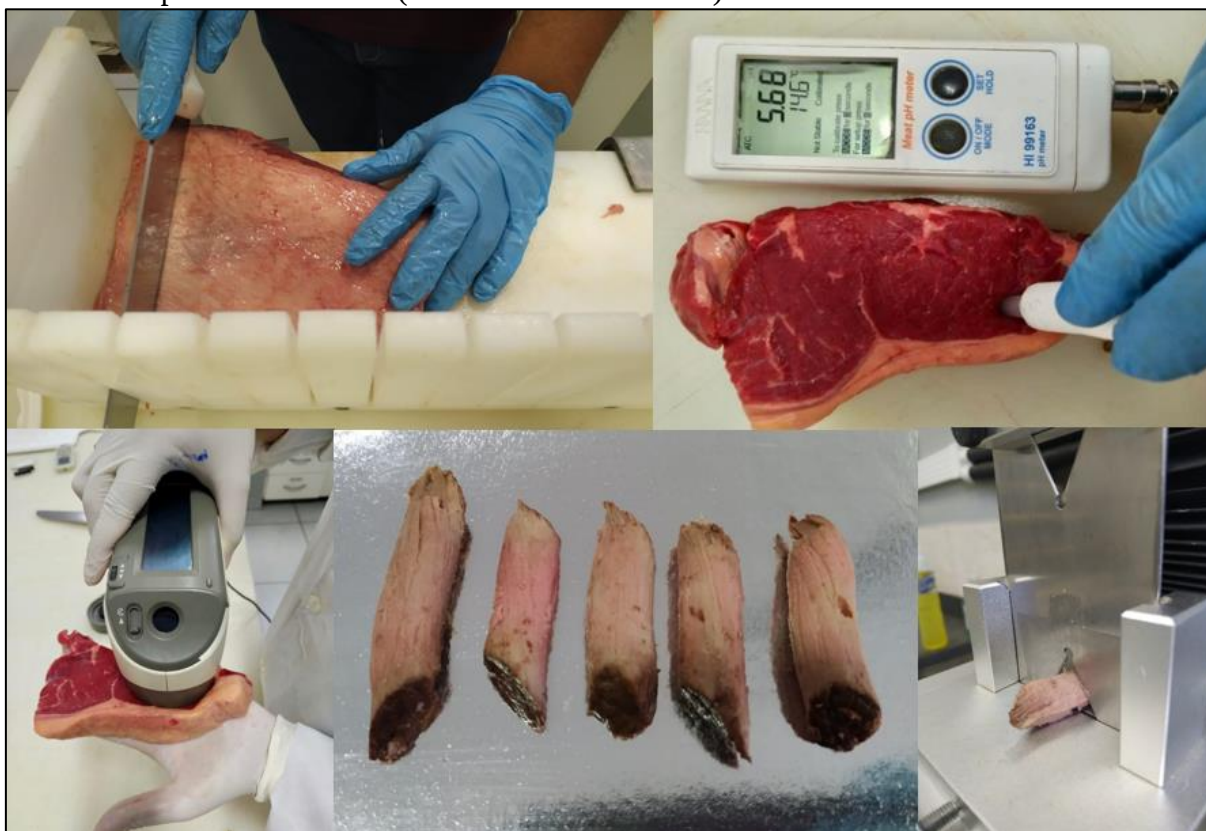
A primeira avaliação das amostras em laboratório foi iniciada após 07 dias da data do abate. Para a organização das análises/amostras, cada peça de contrafilé foi cortada em 8 (oito) bifes, 02 (dois) de 1,5 cm de espessura cada e 06 (seis) de 2,5 cm, conforme Figura 2 e Figura 3, os quais foram individualmente identificados, embalados a vácuo e direcionados para os determinados ensaios, conforme Tabela 6.

Figura 2 - Separação dos bifes na peça de contrafilé.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 3 - Separação dos bifes na peça de contrafilé com o molde de 2,5 cm, determinação de pH, cor, cilindros extraídos dos bifes com 1,27 cm de diâmetro e determinação da força de cisalhamento pelo texturômetro (lâmina Warner-Bratzler).



Fonte: Arquivo pessoal.

Tabela 6 - Planejamento das amostras e respectivas análises.

Número do bife	Tamanho	Análise	Tempo de maturação
1	1,5 cm	Colágeno total e % solúvel	07 dias
2	1,5 cm	Comprimento do sarcômero	07 dias
3	2,5 cm	pH, cor, perda de peso por cocção e força de cisalhamento	07 dias
4	2,5 cm	<i>Backup</i>	07 dias
5	2,5 cm	pH, cor, perda de peso por cocção e força de cisalhamento	14 dias
6	2,5 cm	<i>Backup</i>	14 dias
7	2,5 cm	pH, cor, perda de peso por cocção e força de cisalhamento	21 dias
8	2,5 cm	<i>Backup</i>	21 dias

Todos os tratamentos, inclusive as amostras *backups*, permaneceram durante seu período de maturação em câmaras frias com temperatura de 0 a 2°C. As amostras *backups*, ao final de cada período de maturação estabelecido, foram posteriormente congeladas e permaneceram armazenadas caso fosse necessária a repetição de alguma análise.

As amostras de 1,5 cm, designadas para análises de quantidade de colágeno total e porcentual de colágeno solúvel, como as designadas para o comprimento do sarcômero, foram imediatamente congeladas a -20 °C e permaneceram assim até o momento da avaliação.

4.3 Análises realizadas

Ao final de cada período de maturação, as amostras de 2,5 cm de espessura foram retiradas das embalagens a vácuo e deixadas oxigenar, por 30 minutos, sob temperatura de 4 a 6 °C.

4.3.1 Determinação de cor

A avaliação objetiva da cor da carne foi realizada utilizando o sistema CIELab (CIE, 2004) utilizando um espectrofotômetro portátil, modelo CM2500d (Konica Minolta Brasil, São Paulo, Brasil) com iluminante padrão “A”, ângulo de observação de 10° e abertura do obturador de 30 mm (Figura 3). Valores finais de L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho) e b* (intensidade de amarelo) de cada amostra foram obtidos através da média de três observações, realizadas em pontos distintos da amostra.

Adicionalmente, foi realizada a análise de diferença de cor (ΔE), conforme a equação (1), entre os valores médios de cada tratamento (CA e NE):

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2}} \quad (1)$$

4.3.2 pH

A mensuração do pH (Figura 3) foi realizada utilizando o medidor de pH digital modelo HI99163 (Hanna Instruments, São Paulo, Brasil).

4.3.3 Perda de peso por cocção e força de cisalhamento

Os procedimentos para cocção dos bifes destinados a análise de perda de peso por cocção e força de cisalhamento foram realizados utilizando-se adaptações do protocolo experimental descrito pela American Meat Science Association (AMSA, 2015).

Para a análise de perda de peso por cocção e força de cisalhamento, as amostras cárneas foram pesadas em bandejas de alumínio, previamente taradas, em uma balança semianalítica (modelo A1000 - marca Marte), para então obtenção de seus pesos iniciais. Posteriormente, foram assadas em um forno elétrico industrial (Modelo F130/L – Fornos Elétricos Flecha de Ouro Ind. e Com. Ltda., São Paulo, Brasil), previamente aquecido a 170°C e equipado com um termostato para manter esta temperatura durante todo o tempo de cozimento.

A temperatura interna dos bifes foi monitorada por meio de termômetros individuais em seu centro geométrico. Ao atingirem temperatura interna de 40°C, os bifes foram virados e permaneceram no forno até atingirem a temperatura interna de 71°C.

Os bifes assados permaneceram em temperatura ambiente até atingirem $\pm 25^\circ\text{C}$. Em seguida, foram novamente pesados para determinação das perdas de peso por cocção (PPC, %), conforme a Equação (2):

$$\% \text{ Perda de peso por cocção} = \frac{\text{Peso inicial do bife} - \text{Peso final do bife}}{\text{Peso inicial do bife}} \times 100 \quad (2)$$

Após a pesagem, os bifes foram envolvidos em filme plástico e refrigerados (4 - 6°C) por 12 horas. Logo em seguida, foram retirados seis cilindros (1,27 cm de diâmetro) de cada bife, no sentido paralelo ao das fibras, para determinação da força de cisalhamento (FC) através do equipamento TMS-PRO analisador de textura (Food Technology Corporation, Sterling, Virginia, USA) acoplado com um dispositivo de cisalhamento Warner–Bratzler (Figura 3), com velocidade fixada em 200 mm/min (AMSA, 2015). A força de cisalhamento de cada amostra foi considerada como a média das seis repetições.

Para as análises de avaliação do comprimento do sarcômero e quantificação do colágeno total e porcentual de colágeno solúvel, como citado anteriormente, as amostras foram congeladas à -20°C, ao sétimo dia de maturação, e avaliadas em laboratório externo.

4.3.4 Determinação do comprimento do sarcômero

Para a determinação do comprimento do sarcômero, foram coletados seis cilindros (1,27 cm de diâmetro) de cada amostra crua, no sentido paralelo ao das fibras, sendo armazenados dentro de um recipiente de plástico contendo 0,2 mL de solução de sacarose e fixador por 12 horas a 4°C (ANTONELO, 2018). O comprimento do sarcômero foi avaliado pelo método de difração a laser, através do equipamento Helium Neon Laser Model 05-LHR-021 e Power supply - Model # 05-LPL-911-065 115/230 Vac. (Melles Griot, Carlsbad, CA, USA), de acordo com o método proposto por Cross *et al.* (1981). De cada cilindro, foram realizadas seis mensurações de comprimento de sarcômero, de forma em que o comprimento de sarcômero de cada amostra foi considerado como o valor médio dos 6 comprimentos mensurados (ANTONELO, 2018).

4.3.5 Quantidade do colágeno total e porcentual de colágeno solúvel

O colágeno total e o porcentual de colágeno solúvel foi determinado de acordo com Palka (1999). As amostras foram hidrolisadas por 24 horas com 25 mL de HCl 6M a 110°C. Em seguida, clarificadas com carvão ativo, neutralizadas com NaOH 10M e 1M, e diluídas com 250mL de água destilada. A quantidade de hidroxiprolina foi determinada utilizando o método citado por Reich (1970). O colágeno total, calculado a partir do teor de hidroxiprolina e usado o coeficiente 7,25. O porcentual de colágeno solúvel foi extraído após homogeneização de 6 g de carne picada com 24 mL de solução de ringer diluída com água destilada na proporção de 1:3. Os homogenatos são aquecidos (70 min a 77°C) e centrifugados e os sedimentos são secos a 105°C para determinação da porção insolúvel. A porcentagem da porção solúvel foi calculada de acordo com a Equação (3):

$$\% \text{ Colágeno solúvel} = \frac{\text{Colágeno total} - \text{Colágeno insolúvel}}{\text{Colágeno total}} \times 100 \quad (3)$$

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O efeito do tempo de maturação (07, 14 e 21 dias) como fator principal, e a raça (Certificada Angus e Nelore) como fator secundário, foram avaliados para os resultados de pH, cor (L*, a*, b*), força de cisalhamento e perda de peso por cocção. Para as análises de

comprimento de sarcômero, colágeno total e porcentual de colágeno solúvel, foram avaliados somente em relação ao fator raça, no mesmo tempo (07 dias).

Estes resultados foram submetidos para a análise de variância, utilizando o modelo linear (Statistica, versão 7.0). Um delineamento inteiramente casualizado foi adotado com 09 (nove) repetições por tratamento (raça), e 03 repetições para o fator tempo de maturação, sendo a raça e tempo de maturação considerados fatores fixos. Quando o fator foi significativo ($P < 0,05$) as diferenças entre as médias foram avaliadas pelo teste de Tukey.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises realizadas foram divididos em três tabelas, sendo que a Tabela 7 mostra os valores médios de pH e cor instrumental (L^* , a^* e b^*), a Tabela 8, os valores médios de força de cisalhamento e perda de peso por cocção, e a Tabela 9, os valores médios de comprimento de sarcômero, quantidade de colágeno total e porcentual de colágeno solúvel, obtidos dos contrafilés analisados para os dois tratamentos – certificadas Angus (CA) e Nelore (NE).

Tabela 7 - Valores médios de pH e cor instrumental (L*, a* e b*) de contrafilés de fêmeas Nelore (NE) e certificadas Angus (CA).

	Tempo de maturação (dias)	CA	NE	SEM	Valor p
pH					
	7	5,76 ^A	5,72	0,012	0,109
	14	5,71 ^B	5,69	0,013	0,057
	21	5,63 ^C	5,70	0,019	0,055
	SEM	0,013	0,014		
	Valor p	0,000	0,701		
L*					
	7	42,54	40,58	0,54	0,067
	14	42,08	40,90	0,37	0,113
	21	43,25 ^a	40,99 ^b	0,43	0,004
	SEM	0,355	0,274		
	Valor p	0,44	0,828		
a*					
	7	27,34	25,88	0,415	0,077
	14	27,56 ^a	25,79 ^b	0,402	0,022
	21	27,12 ^a	25,25 ^b	0,400	0,015
	SEM	0,281	0,277		
	Valor p	0,823	0,624		
b*					
	7	20,07 ^a	18,12 ^b	0,363	0,002
	14	19,80 ^a	17,93 ^b	0,385	0,009
	21	19,54 ^a	17,99 ^b	0,314	0,007
	SEM	0,194	0,231		
	Valor p	0,571	0,949		

^{a-b} Valores médios na mesma linha com letras diferentes indicam diferença significativa (p <0,05).

^{A-C} Valores médios na mesma coluna com letras diferentes indicam diferença significativa (p <0,05).

SEM: erro padrão da média.

Teste de Tukey.

5.1 pH

A análise estatística dos valores de pH (Tabela 7) não mostrou efeito ($p > 0,05$) entre os tratamentos NE e CA nos dias 07, 14, e 21 dias de maturação comercial. Se fixarmos a raça e comparamos os valores obtidos por cada uma, houve diferença significativa nos valores de pH para CA ($p=0,000$), com valores de 5,76, 5,71 e 5,63, respectivamente, mostrando diminuição de pH ao longo da maturação. Houve diferença significativa entre os dias 7 e 14, entre 7 e 21 dias e entre os dias 14 e 21. Já para NE, não houve diferença significativa ($p=0,701$) durante a maturação. Estes valores podem ser considerados dentro da normalidade para carne bovina, ou seja, abaixo de 5,9, segundo a legislação de um dos países importadores mais exigentes relacionado a este parâmetro, a China, através do Ofício-Circular N°34/2022/CGCOA/DIPOA/SDA/MAPA (BRASIL, 2022).

Cônsolo *et al.* (2020) em um estudo realizado com touros jovens de Angus mestiços, com idade de 14 – 16 meses e 14 dias de maturação encontraram um pH médio de 5,64. Valor próximo ao encontrado no 21 dia de maturação de Angus deste estudo (pH=5,63), o que demonstrou que a queda do pH foi mais lenta.

Papaleo Mazzucco *et al.* (2016) encontraram valores médios de pH em *Longissimus thoracis* 24 h *post mortem* de raça Angus pura de 5,53, para raça Angus cruzada com Hereford de 5,51 e para Angus cruzado com Limousin de 5,56. Estes valores não tiveram diferenças significativas entre si e estão mais baixos dos que encontrado neste estudo (pH 21 dias CA 5,63 e NE 5,70).

5.2 Cor

A cor da superfície das amostras foi determinada através da escala do sistema CieLab. Para o parâmetro L^* , que está relacionado com a Luminosidade, não foi observado diferença significativa entre os grupos experimentais CA x NE ($p>0,05$) para os dias 7 e 14 de maturação, com $p=0,067$ e $p=0,113$, respectivamente. Porém, houve uma diferença significativa para o dia 21, com $p=0,004$, onde CA ($L^*=43,25$) apresentou maior luminosidade do que NE ($L^*=40,99$). Isso pode ser explicado pela queda do pH de CA ter sido mais intenso do que NE. Estudos associam a queda do pH com o aumento da liberação de água superficial, aumentando assim, a luminosidade e o brilho da superfície. Com relação ao efeito do tempo de maturação comercial

não houve diferença significativa tanto para CA ($p=0,355$) quanto para NE ($p=0,274$), demonstrando que o tempo de maturação não influenciou na luminosidade (L^*) da carne com o aumento do tempo do tratamento.

Com relação ao parâmetro a^* , que está relacionado com a intensidade da cor vermelha da carne, foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os grupos experimentais no 14º dia ($p= 0,022$), com valores de média em 27,56 para CA e 25,79 para NE, sendo a tonalidade vermelho em CA mais intensa do que NE, como também no 21º dia de maturação com ($p=0,015$), onde CA apresentou cor vermelha mais intensa (27,12) do que NE (25,25). O efeito do tempo de maturação nos dois tratamentos (CA e NE) não apresentaram diferenças estatísticas significativas.

Na avaliação dos valores do parâmetro b^* , que está relacionado com tons de amarelo, foram observadas diferenças significativas entre CA e NE no 7º, 14º e 21º de maturação ($p=0,002$, $p=0,009$ e $p=0,007$, respectivamente), onde CA apresentou valores maiores desta característica em todos os tempos (7º, 14º e 21º). Não foram observadas diferenças significativas no tempo de maturação para os dois grupos experimentais ($p=0,571$) para CA e ($p=0,949$) para NE. Para CA, observou-se uma pequena redução da intensidade do valor b^* com o aumento do tempo de tratamento (maturação), sendo no 21º dia o menor resultado encontrado. Já NE houve um decréscimo até o 14º dia e no 21º dia a intensidade aumentou levemente.

Com estes dados, observa-se que a carne proveniente das fêmeas certificadas Angus (CA) apresentaram valores um pouco mais favoráveis do que as fêmeas Nelores (NE) em todos os parâmetros de cor, e que se avaliadas tridimensionalmente no espectro de cores, podem resultar em uma carne mais aceitável pelo consumidor pela aparência que remete ao “vermelho cereja”.

Por mais que foram identificadas algumas diferenças significativas entre os tratamentos CA e NE, em diferentes tempos de maturação, pode-se considerar que as amostras se encontravam dentro da faixa de normalidade para todos os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*).

Malheiros *et al.* (2020) encontraram em estudos realizados com linhagens de melhoramento genético de Nelores machos não castrados com idade entre 20 - 24 meses e terminação em confinamento por 90 - 100 dias, valores de luminosidade (L^*) de $27,9 \pm 2,7$, vermelhidão (a^*) de $12,4 \pm 1,86$ e amarelo (b^*) de $5,5 \pm 1,0$. Estes resultados ficaram abaixo dos valores encontrados neste estudo, sugerindo que fêmeas jovens de Nelores podem possuir coloração mais intensa do que machos.

Em um estudo recente Sant'anna *et al.* (2019), também observou valores maiores de L^* (36,77) e b^* (11,77) em gado Nelore. De acordo com Olivera *et al.* (2013), a tonalidade vermelho é o parâmetro de cor mais importante para carne fresca e um alto valor de a^* foi obtido no presente estudo.

Cônsolo *et al.* (2020), em touros jovens (14 e 16 meses) mestiços (Angus e Nelore), encontraram valores médios para L^* (39 ± 0.35), a^* (16.9 ± 0.24) e b^* (14.7 ± 0.19) em *Longissimus lumborum* após 14 dias de maturação. Os valores obtidos neste estudo também são superiores a estes dados encontrados, sugerindo que a cor da carne obtidas das fêmeas foram mais favoráveis do que a dos touros jovens.

Papaleo Mazzucco *et al.* (2016) encontraram valores médios de cor em *Longissimus thoracis* 24 h *post mortem* de raça Angus pura de $L^*=37,25$, $a^*=20,69$ e $b^*=10,56$ e para raça Angus cruzada com Hereford de $L^*=36,97$, $a^*=21,01$ e $b^*=10,64$. Estes valores foram inferiores aos encontrados para CA neste estudo, provavelmente devido ao tempo de maturação ser menor do que foi aplicado para este.

A análise de diferença de cor total (ΔE) foi utilizada para determinar a diferença de cor perceptível entre duas cores, classificando as amostras, ao final, como uma pequena diferença ($\Delta E < 1.5$), distintas ($1.5 < \Delta E < 3$) e muito distintas ($\Delta E > 3$), conforme descrito por (Pathare *et al.*, 2013).

Os resultados encontrados para análise de (ΔE) foram 2,06, 1,97 e 2,61 para os respectivos tempos de maturação (07, 14 e 21 dias). Em todos estes tempos, o comparativo das amostras entre raças (NE x CA) foram consideradas distintas, por terem apresentado os valores entre 1,5 e 3.

5.3 Perda de peso por cocção

Para a análise de perda de peso por cocção das amostras cárneas, não foram observadas diferenças significativas para o efeito do grupo amostral (CA x NE) nos dias 07, 14 e 21 dias de maturação (Tabela 8). Para o tratamento CA foi observado uma diferença significativa ($p=0,027$) com relação ao aumento do tempo de maturação comercial, onde a perda de peso pela cocção aumentou praticamente à medida que aumentou o tempo de maturação. Para o tratamento NE, não houve diferença significativa (0,931) com o aumento do tempo de maturação. As médias obtidas para este parâmetro variaram de 28,10 a 30,22%, o que estão dentro da faixa de normalidade (25 a 30%), conforme histórico de estudos realizados com a

mesma classificação de animais, como também as mesmas condições de abate, desossa e armazenamento da empresa Minerva Foods. NE apresentou maior perda de peso por cocção apenas com 07 dias de maturação, sendo que para os demais, 14 e 21 dias de maturação, CA foi superior a NE. Muchenje *et al.* (2009) encontraram valores entre 13,1 – 34,54% em diferentes raças de bovinos.

Tabela 8 - Força de cisalhamento e perda de peso por cocção em contrafilés de fêmeas Nelore (NE) e certificadas Angus (CA).

Tempo de maturação (dias)	CA	NE	SEM	Valor p
Perda de peso por cocção (%)				
7	28,10 ^B	29,71	0,486	0,097
14	30,21 ^A	29,89	0,523	0,766
21	30,22 ^A	29,49	0,440	0,421
SEM	0,389	0,413		
Valor p	0,027	0,931		
Força de cisalhamento (N*)				
7	39,75 ^b	50,91 ^{Aa}	2,359	0,012
14	36,30	42,76 ^{AB}	2,031	0,113
21	34,71	37,34 ^B	1,376	0,358
SEM	1,399	1,833		
Valor p	0,350	0,005		

* em Newtons.

^{a-b} Valores médios na mesma linha (raças diferentes no mesmo dia de maturação) com letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

^{A-B} Valores médios na mesma coluna (mesma raça em dias diferentes de maturação) com letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

SEM: erro padrão da média.

Teste de Tukey.

Cônsolo *et al.* (2020) em um estudo realizado com touros jovens de Angus mestiços, com idade de 14 – 16 meses e 14 dias de maturação relataram um valor médio de perda de peso no cozimento de 24,8%, representando um valor inferior aos encontrados neste estudo.

Li *et al.* (2014) encontraram valores de perda de peso por cocção maiores em faixa de pH final de *Longissimus thoracis* de bovinos cruzados (Luxi x Limosin) menores ($pH < 5,8$) do que para faixas intermediárias ($pH = 5,8 - 6,2$) e faixa alta ($pH > 6,2$). O aumento da perda de

peso por cocção também aumentou com o aumento do tempo de maturação de 1 para 9 dias. No nono dia foi encontrado um valor de 27,60%. No presente estudo, como houve uma diferença estatística significativa nos valores de pH para CA nos dias de maturação 7, 14 e 21 (5,76, 5,71 e 5,63 respectivamente) e estes estão abaixo do $\text{pH} < 5,8$, como citados por Li *et al.* (2014), o que pode justificar os dados de perda de peso por cocção serem significativos para CA (30,22% no 21º dia de maturação).

Papaleo Mazzucco *et al.* (2016) encontraram valores médios de perda de peso por cocção em *Longissimus thoracis* 24 h *post mortem* para raça Angus pura de 24,12%, para raça Angus cruzada com Hereford de 24,41% e para Angus cruzado com Limousin de 24,23%. Estes valores não tiveram diferenças significativas, mas foram mais baixos dos que encontrado neste estudo, o que pode ser explicado pelo pouco tempo de maturação (24 horas) comparados como os aplicados neste estudo (7, 14 e 21 dias).

5.4 Força de cisalhamento

Os dados da Tabela 8 mostraram diferença significativa ($p=0,012$) para o efeito do tratamento (CA x NE) entre as amostras no dia 07 de maturação, no qual o valor da força de cisalhamento foi menor (39,75 N) para CA do que para NE (50,91 N), demonstrando que a carne obtida do tratamento CA foi mais macia do que a do NE. Para os demais dias de maturação, 14 e 21, não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos CA e NE ($p=0,113$ e $p=0,358$, respectivamente).

Na avaliação do efeito do tempo de maturação comercial, para as amostras CA, não foram encontradas diferenças significativas ($p=0,350$). Quanto as amostras NE, uma diferença significativa foi encontrada entre os dias 07, 14 e 21 dias de maturação ($p=0,005$). Para este último tratamento, a média de maciez no 7º dia de maturação se difere significativamente de 21º dia, no entanto, a média das amostras no 14º dia de maturação não se diferem significativamente das demais. Como esperado, o valor da força de cisalhamento decresce com o tempo, devido principalmente à atuação das enzimas proteolíticas durante o processo de maturação, assim sendo, o maior valor encontrado foi para o 7º dia, decrescendo até o 21º dia.

Se aplicarmos os padrões americanos para classificar a maciez da carne, podemos considerar que com 7 dias de maturação, apenas a carne das amostras CA (39,75 N) pode ser considerada macia ($< 43,1\text{N}$) (ASTM, 2011). A amostra NE atinge esta classificação apenas

após 14 dias de maturação (42,76N), o que seria uma vantagem comercial para os produtos certificados Angus, já que este tratamento atinge valores com 7 dias de antecedência.

Ainda relacionando com os padrões americanos, se considerarmos o critério muito macia ($< 38,1\text{N}$), as amostras de CA atingiram esse valor com 14 dias de maturação, como mostra a média de 36,30 N, enquanto a NE, atingiu esta classificação apenas com 21 dias de maturação, com a média de 37,34 N.

A avaliação do efeito do tempo de maturação sobre os resultados de força de cisalhamento, mostrou um declínio mais acentuado entre o 7º e 14º dia. Para CA, a diferença entre a média destes dois pontos é de 3,45 N, resultando em uma queda de 0,49 N/dia, já para 14º a 21º dia, diferença de 1,59 N, uma queda de aproximadamente 0,23 N/dia. Para NE, obtiveram uma diferença de 8,15 N do 7º para o 14º dia, resultando em 1,16 N/dia, e 6,7 N do 14º para o 21º dia, com a média de aproximadamente 0,96 N/dia. Esses dados estão de acordo com o que era esperado, devido ao efeito expressivo da proteólise durante os 14 dias de maturação para o *Longissimus dorsi* (GEESINK *et al.*, 1995).

De acordo com Seideman & Koohmaraie (1987), no músculo *longissimus thoracis*, proveniente de 120 novilhos cruzados entre Hereford, Angus, Brahman and Sahiwal, contendo 25, 50 e 75% de sangue *Bos Indicus*, finalizados nos últimos 120 dias com silagem de milho, com idade entre 16 e 17 meses, os quais desossados após 07 dias da data do abate, e utilizando-se a mesma metodologia de análise, encontraram valores médios de força de cisalhamento de 48 N. Este valor encontra-se na faixa entre as amostras CA (39,75 N) e NE (50,91 N), com o mesmo período de maturação, talvez pela variação da porcentagem de sangue *Bos indicus* das amostras.

Cônsolo *et al.* (2020) em um estudo realizado com touros jovens de Angus mestiços, com idade de 14 – 16 meses e 14 dias de maturação relatou um valor médio de força de cisalhamento de 37,2 N. Este valor é superior ao encontrado para CA com tempo de maturação de 14 dias (36,30 N) e inferior ao encontrado para a NE com 14 dias de maturação (42,76 N), demonstrando que as amostras de CA avaliadas neste estudo foram mais macias comparadas com os touros jovens Angus.

Aos 14 dias de maturação, Geesink *et al.* (1995) encontrou valor médio de força de cisalhamento de 53 N para o *Longissimus dorsi*, valor superior à ambas as amostras CA e NE, talvez pela utilização de vacas Holstein Friesian, com idades mais avançadas (03 a 11 anos), porém com a aptidão leiteira.

Stolowski *et al.* (2006) relataram efeitos significativos de interação entre diferentes cruzamentos de raça Angus com Brahman na maturação sobre a maciez da carne, onde os

animais com maior porcentagem de cruzamento Angus, apresentaram-se mais macios do que aqueles que tinham uma menor porcentagem. Os cruzamentos de animais com maior porcentagem de Angus maturam mais rápido do que os que possuem a menor porcentagem. Estes resultados estão de acordo com os obtidos neste estudo, já que o tratamento CA é resultado de cruzamento de animais da raça Angus com Nelore, se comparado com o tratamento NE, na qual não possui este cruzamento.

Li *et al.* (2014) também encontraram uma rápida queda na força de cisalhamento de carne bovina, que foi provavelmente devido à degradação *pos mortem* precoce de proteínas do citoesqueleto, como desmina e troponina-T, possivelmente devido à ativação imediata de catepsinas em pH baixo.

5.5 Comprimento do sarcômero

A análise de comprimento de sarcômero foi realizada em amostras de carne coletadas aos 7 dias de maturação, as quais foram imediatamente congeladas, permanecendo dessa maneira até o momento da análise.

Os valores de comprimento de sarcômero para as amostras Certificadas Angus variaram de 1,40 a 1,90 μm e para as Nelore, de 1,52 a 2,15 μm . Na análise estatística (Tabela 9), não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os grupos experimentais avaliados ($p=0,592$).

Estes resultados estão próximos aos valores achados por Geesink *et al* (1995), no *Longissimus dorsi*, de 1,65 μm após 01 dia de *post mortem*.

Conforme estudo citado anteriormente, valores também similares foram encontrados por Seidman & Koohmaraie (1987). O valor médio do comprimento do sarcômero foi de 1,73 μm (mínimo de 1,47 μm e máximo de 2,09 μm) com o mesmo tempo de maturação, na qual, na avaliação sensorial de maciez destas amostras, o painel treinado resultou uma média de 5,37 (1 = extremamente duro, 8 = extremamente macio).

HEINEMANN *et al.* (2002) encontraram valores médios de 1,82 μm para o músculo *Longissimus thoracis* de novilhos Nelore (com até 04 dentes). Resultados acima dos encontrados neste estudo. Segundo, Erthbjerg & Puolanne (2017), uma razão pela variação no comprimento do sarcômero do músculo *longissimus thoracis*, pode ser atribuído pela sensibilidade deste ao encurtamento pelo frio, pela estrutura anexada pela qual as fibras estão firmemente ancoradas à estrutura esquelética de apenas uma extremidade.

O comprimento do sarcômero reduz durante a contração muscular e, após o rigor, pode existir uma variação dentro e entre os músculos. Em 1960, Locker relatou que após a etapa do rigor, os comprimentos dos sarcômeros variaram de 0,7 a 3,7 μm em diferentes músculos bovinos. Em contrapartida, Ertbjerg & Puolanne (2017) relatam que comprimentos de sarcômero abaixo de 1,1 μm não são comuns e geralmente ocorrem apenas com encurtamento extremo que não é padrão.

Em 1967, Herring *et al.* relatam um comprimento do sarcômero em repouso, para o *semitendinoso* bovino, de 2,2 μm , também superior aos deste. Nos músculos *longissimus* e *semitendinoso* bovino, o comprimento do sarcômero diminuiu (22 a 44%) durante o desenvolvimento do rigor e depois alongou (12 a 20 %) com armazenamento post-mortem adicional (Gothard *et al.*, 1966).

Já para White *et al.* (2006b), as amostras de *Longissimus dorsi* ao sétimo dia de maturação, com a utilização da refrigeração lenta (embalados e submersos em banho-maria a 15°C por 08 horas após o *post-mortem*), encontrou valores médios próximos a 1,60 μm , o que estão similares aos encontrados neste trabalho.

BOUTON *et al.* (1978) afirmam que em amostras oriundas de diferentes animais, ocorrerá variação no comprimento do sarcômero, desde que as condições resfriamento induzirem à ocorrência do encurtamento e se as diferenças de idade, teor de gordura e peso forem suficientes para promover diferentes velocidades de resfriamento dos músculos. Segundo MARSH (1977), o encurtamento é prevenido se o rigor mortis se iniciar antes do tecido atingir uma temperatura abaixo de 10°C.

Levando em consideração os dados do presente estudo, na qual o acabamento de gordura foi classificado como uniforme para todos os animais, o peso médio de ambos os tratamentos está próximo, assim como a não utilização de refrigeração intensa nas primeiras horas *post-mortem*, pode-se sugerir que houve uma velocidade de resfriamento equalitária entre as meias carcaças, não ocasionando um encurtamento pelo frio. Adicionalmente, White *et al.* (2006a), consideram que valores de comprimento de sarcômero entre 1,21 e 1,37 μm são encurtados pelo frio, na qual todos os resultados obtidos das amostras de *longissimus dorsi* foram mantidas em banho-maria por seis diferentes temperaturas no post-mortem por 08 horas.

O encurtamento pelo frio não é o único fator que influencia a maciez da carne, mas assume maior importância quando a carne é exposta a condições que propiciam sua ocorrência. White *et al.* (2006a) concluem que em sarcômeros encurtados, os músculos não eram consistentemente resistentes, desta forma, a análise de comprimento do sarcômero não pode ser usada como um fator isolado para prever a resistência.

Tabela 9 - Comprimento do sarcômero, colágeno total e porcentual de colágeno solúvel em contrafilés de fêmeas Nelore (NE) e certificadas Angus (CA).

	CA	NE	SEM	Valor p
Comprimento de sarcômero (µm)	1,62	1,58	0,035	0,592
Colágeno Total (mg/g)	6,02 ^b	7,51 ^a	0,328	0,018
Colágeno Solúvel (%)	25,08 ^a	21,13 ^b	0,901	0,024

^{a-b} Valores médios na mesma linha com letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

SEM: erro padrão da média.

Teste de Tukey.

5.6 Colágeno total e porcentual de colágeno solúvel

A Tabela 9 mostrou diferença estatística na quantidade de colágeno total (mg/g) entre as raças ($p=0,018$) CA e NE, como também para a análise do porcentual de colágeno solúvel ($p=0,024$), onde NE obteve o maior valor da quantidade total de colágeno, 7,51 mg/g se comparado com 6,02 mg/g de CA. No entanto, em relação à porcentagem de colágeno solúvel, CA obteve resultado de 25,08%, acima de 21,13% de NE.

Estes resultados chamam a atenção, uma vez que, por mais que as amostras NE possuem uma quantidade maior de colágeno total (mg/g), sua solubilidade é inferior, se comparadas com as amostras CA. Isto supostamente poderia estar relacionada à influência de pelo menos meio sangue Angus nas amostras CA.

Utilizando-se do mesmo binômio tempo e temperatura para as análises da quantidade de colágeno total e porcentual de colágeno solúvel, no estudo citado anteriormente por Seideman & Koohmaraie (1987), foi encontrada a média de 5,83 mg/g de colágeno total, sendo 14,76% solúvel. Estes valores são inferiores aos encontrados pelas amostras CA (6,02 mg/g e 25,08%) e NE (7,51 mg/g e 21,13%), talvez pela grande variação dos dados destes autores.

Em relação à análise de porcentual de colágeno solúvel, os valores deste estudo estão acima dos encontrados por Ismail *et al.* (2019) de 15,18%, talvez pela utilização do músculo *semitendinosus*, a qual possui uma composição e função muscular diferente do *Longissimus dorsi*.

Packer *et al.* (2021) relataram que em *longissimus lumborum*, parte lombar do *longissimus dorsi*, de animais jovens, terminados por 100 dias em confinamento, uma quantidade total de colágeno de 17,05 mg/g, superior ao encontrado por CA e NE, talvez pela

metodologia ser baseada na utilização de amostras liofilizadas, as quais podem conter outros tipos de proteína. No entanto, o valor do porcentual de colágeno solúvel foi de 17,30%, o que é inferior à ambos os tratamentos, o que pode influenciar na maciez do corte. Neste mesmo sentido, Archile-Contreras *et al.* (2010) relatam valores de solubilidade em torno de 16% para o *longissimus dorsi* de novilhos Angus e Hereford sob confinamento de silagem de alfafa com base em milho descascado inteiro.

Já Bonny *et al.* (2015) apresentaram valores de colágeno total e solúvel como uma média de 06 cortes avaliados (*biceps femoris*, *semimembranosus*, *longissimus thoracis*, *gluteus medius*, *infraspinatus*, *psaos major*) de 18 bovinos franceses e australianos. Para colágeno total, 8mg/g, onde 25% destes eram solúveis, sendo este último valor, similar ao encontrado pelo tratamento CA.

No estudo de Vestergaard *et al.* (1994), no qual foram utilizados o músculo *longissimus dorsi* de touros jovens Friesian, para as amostras controle I, as quais não receberam a suplementação de β -Agonist Cimaterol, encontrou-se valor médio de colágeno total de 5,23 mg/g, os quais, 23,9% eram solúveis. Estes valores estão ligeiramente abaixo dos achados pelas amostras CA, provavelmente pela influência da raça Angus. Já se compararmos os achados destes autores com as amostras NE, a quantidade de colágeno total é inferior, porém com uma solubilidade superior, podendo este fato ser atribuído à influência do sangue zebuíno.

Burson & Hunt (1986) mostraram um comparativo interessante, na qual amostras de *longissimus thoracis* de touros jovens Simmental apresentaram 5,06 mg/g de colágeno total, sendo que 10,2% eram solúveis a 70°C por 70 minutos, e 34,7% a 90°C por 140 minutos. O presente estudo utilizou a temperatura de 77°C por 70 minutos e os valores de colágeno total, estão acima, no entanto, o porcentual de colágeno solúvel encontram-se na faixa dos achados para 70 e 90°C, para os tratamentos CA e NE.

Kamatara *et al.* (2014), utilizando *longissimus thoracis* de touros da raça Ankole, encontraram valores médios de quantidade de colágeno total de 2,56 mg/g, os quais estão diferentes dos encontrados pelas amostras CA e NE, provavelmente pela influência do sexo, no entanto, quanto à solubilidade do colágeno, 24,68%, este encontra-se ligeiramente abaixo dos encontrados pelas amostras CA e superior às amostras NE.

Em síntese, Koohmaraie *et al.* (2002), afirma que o comprimento do sarcômero, o conteúdo do tecido conjuntivo e a proteólise das proteínas miofibrilares são responsáveis pela maior parte, se não toda, da variação explicável observada na maciez da carne maturada (após armazenamento *post-mortem*). No entanto, a contribuição relativa de cada um dos componentes da sensibilidade acima é dependente do músculo. Enquanto o comprimento do sarcômero é o

principal determinante da sensibilidade do *psoas major*, a proteólise é o principal determinante da sensibilidade do *Longissimus* e o conteúdo do tecido conjuntivo é um dos principais contribuintes para a sensibilidade de músculos como *bíceps femoris* e *semimembranosus*.

6 CONCLUSÃO

Com base no que foi exposto, pode-se concluir que, contrafilés oriundos de fêmeas certificadas Angus (CA) mostraram valores favoráveis de maciez, para linhas de produtos de valor agregado, com 07 dias de maturação, enquanto que, o mesmo corte de fêmeas Nelores (NE), obtiveram estes valores com 14 dias de maturação. As análises de comprimento de sarcômero, foram um indicativo da não ocorrência do fenômeno do encurtamento pelo frio. Já os resultados de quantidade de colágeno total e porcentual de colágeno solúvel, mais um fator para ilustrar o quão equalizador e importante é a maturação comercial para o músculo *longissimus thoracis et lumborum*, relacionado à maciez, principalmente dos obtidos de animais com a maior porcentagem de origem zebuína.

É válido ressaltar que todos estes resultados só foram possíveis através da utilização da maturação comercial, juntamente com outras premissas descritas neste projeto, que se mostraram ser uma combinação eficiente para tornar os contrafilés de fêmeas Nelores (NE) similares, em relação ao parâmetro maciez, aos contrafilés de fêmeas certificadas Angus, com 14 dias de maturação.

Por ser uma informação de grande impacto relacionado às raças, maturidade, sexo e qualidade de carne bovina, recomenda-se a realização de mais estudos relacionados a este comparativo, com um maior número de carcaças avaliadas, para se replicar qualquer adequação de linha ou apelo comercial pelas indústrias frigoríficas.

REFERÊNCIAS

- ABIEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. **Beef Report – Perfil da Pecuária no Brasil 2022**. Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2022/>. Acesso em: 25 jul. 2022.
- ACNB – ASSOCIAÇÃO DOS CRIADORES DE NELORE DO BRASIL. Disponível em: <http://www.Nelore.org.br/raca>. Acesso em: 26 jun. 2021.
- ALVES, D. D., GOES, R. H. T.B., MANCIO, A. B. Maciez da carne bovina. **Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 3, p. 135-149, 2005.
- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION – AMSA. **Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Meat**. Second Edition, Version 1.0, 2015.
- ANDREAS, B., CARSTEN, M., HANS, S., MANFRED, K., & FRIEDER, J. S. Pyridinoline crosslinks in bovine muscle collagen. **Journal of Food Science**, v. 60, p. 953–995, 1995.
- ANDRIGHETTO, C.; JORGE, A. M.; ROÇA, R. O.; SARTORI, D. R.; RODRIGUES, É; BIANCHINI, W. Maturação da carne bovina. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.7, n.06, 2006.
- ANTONELLO, D; **Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos de diferentes grupos genéticos suplementados com ácidos graxos poli insaturados**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, 2018.
- ARCHILE-CONTRERAS, A. C., MANDELL, I. B., PURSLOW, P. P. Disparity of dietary effects on collagen characteristics and toughness between two beef muscles. **Meat Science**, v 86, p.491-497, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ANGUS. **Angus – Por que criar?** Disponível em: <https://angus.org.br/angus/vantagens-da-raca/porque-criar/>. Acesso em: 27 jun. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ANGUS. **Angus @ News**. Disponível em: <https://angus.org.br/>. Acesso em: mar. 2020.
- ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. F 2925-11 **Standard Specification for Tenderness Marketing Claims Associated with Meat Cuts Derived from Beef**. American Society for Testing Materials International, West Conshohocken, Pensilvânia, 2011.
- BAILEY, A.J., SIMS, T.J. Meat tenderness: distribution of molecular species of collagen in bovine muscle. **Journal Science and Food Agriculture**, v.28, p.565-570, 1977.
- BAUBLITS, R. T., BROWN, A. H., POHLMAN, F. W., JOHNSON, Z. B., ONKS, D. O., & LOVEDAY, H.D., *et al*. Carcass and beef colour characteristics of three biological types of cattle grazing cool-season forages supplemented with soyhulls. **Meat Science**, v. 68, p. 297–303, 2004.
- BOLEMAN, S.J.; BOLEMAN, S.L.; MILLER, R.K.; TAYLOR, J.F.; CROSS, H.R.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D.; MILLER, M.F.; WEST, R.L.; JOHNSON, D.D.; SAVELL, J.W. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 1521-1524, 1997.

BONNY, S. P. F., GARDNER, G. E., PETHICK, D. W., LEGRAND, I., POLKINGHORNE, R. J., HOCQUETTE, J. F. Biochemical measurements of beef are a good predictor of untrained consumer sensory scores across muscles. **Animal**, v. 9, p. 179-190, 2015.

BOUTON, P.E., FORD, A. L., HARRIS, P. V., et al. Influence of animal age on the tenderness of beef: muscle differences. **Meat Science**, v.2, p.301-311, 1978.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 9, de 04 de maio de 2004**. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-9-de-04-05-2004,643.html>. Acesso em: 01 jul. 2021.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **OFÍCIO-CIRCULAR Nº 34/2022/CGCOA/DIPOA/SDA/MAPA**. Assunto: China. Exportação. Aves. Bovinos. Suínos. Asininos. Protocolos bilaterais Brasil x China. Acesso em: 19 dez. 2022.

BRAZILIAN ANGUS BEEF. Disponível em: <http://brazilianangusbeef.com.br/#angus-in-brazil>. Acesso em: 02 mar. 2021.

BRIDI, A. M.; CONSTANTINO, C. **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>. Acesso em: 27 jun. 2021.

BRIDI, A.M. **Tipificação de carcaças de bovinos**. 2011. Disponível em: <http://www.uel.br/grupo-pesquisa/gpac/pages/arquivos/AULA%2010%20-%20TIPIFICACAO%20DE%20BOVINOS%20-%202011.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2021.

BRIDI, A.M.; CONSTANTINO, C.; TARSITANO, M.A. Qualidade da carne de bovinos produzidos em pasto. In: Simpósio de produção Animal - Desenvolvimento da produção animal e a responsabilidade frente a novos desafios. 48ª Reunião. **Anais [...]**. Belém, 2011.

BURSON, D. E. & HUNT, M. C. Heat-induced changes in the proportion of types I and II collagen in bovine Longissimus dorsi. **Meat Science**, v. 17, p. 153-160, 1986.

CAMOU, J. P.; MARCHELLO, J. A.; THOMPSON, V. F.; MARES, S. W.; GOLL, D. E. Effect of postmortem storage on activity of μ - and m-calpain in five bovine muscles. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 10, p. 2670-2681, 2007.

CAMPBELL, R. E.; HUNT, M. C.; LEVIS, P.; CHAMBERS, E. Dry-aging effects on palatability of beef longissimus muscle. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 2, p. 196-199, 2001.

CAMPO, M. M., SANTOLARIA, P., SAÑUDO, C., LEPETIT, J., OLLETA, J. L., & PANEA, B., *et al.* Assessment of breed type and ageing time effects on beef meat quality using two different texture devices. **Meat Science**, v. 55, p. 371–378, 2000.

CARNE ANGUS CERTIFICADA. Angus. Disponível em: <https://carneanguscertificadas.com.br/site/carne-angus-certificadas>. Acesso em: 03 jul. 2021.

CHAIB, M. A. **Métodos de avaliação de textura da carne**. Dissertação (Mestrado) Curso de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas SP, 1973.

CHAMBAZ, A., SCHEEDER, M. R. L., KREUZER, M., & DUFEY, P. A. Meat quality of Angus, Simmental, Charolais and Limousin steers compared at the same intramuscular fat content. **Meat Science**, v. 63, p. 491–500, 2003.

CHAVES, A. R. D. *et al.* Raças bovinas e qualidade de carne. **Mostra Científica FAMEZ – UFMS**. p.294-295, 2017.

CHÉRET, R., DELBARRE-LADRAT, C., DE LAMBALLERIE-ANTON, M., & VERREZ-BAGNIS, V. Calpain and cathepsin activities in post mortem fish and meat muscles. **Food Chemistry**, v. 101, p. 1474–1479, 2007.

CIE. **CIE 15: Technical Report – Colorimetry, 3rd Edition**. Washington, 2004. Disponível em: <https://www.cdvplus.cz/file/3-publikace-cie15-2004/>. Acesso em: 03 jul. 2021.

COELHO, H. E. **Patologia Veterinária**. Ed. Manole. 1ª Edição, São Paulo, 2002.

COMMISSION INTERNATIONAL DE L'ÉCLAIRAGE (1976). **Colorimetry**. 2nd ed. Vienna, Switzerland: CIE.

CORNFORTH, D. Colour meat – its basis and importance. In Pearson, A.M. & DUTSON, T.R. (ed) – **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish product** – Advances in meat research series, vol.9, Black Academic & Professional, cap.2, p. 34 –78, 1994.

CÔNSOLO, N.B., ROSA, A.F., BARBOSA, L.C., MACLEAN, P.H., HIGUERA-PADILLA, A., COLNAGO, L.A., TITTO, E.A Preliminary study on the characterization of *Longissimus lumborum* dark cutting meat in Angus × Nellore crossbreed cattle using NMR - based metabolomics. **Meat Science**, v. 172, p. 108, 2020.

CROSS, H. R.; WEST, R. L.; DUTSON, T. R. Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef semitendinosus muscle. **Meat Science**, v. 5, p. 261-266, 1981.

CUNDIFF, L.V. Genetic selection to improve the quality and composition of beef carcasses. *In: Proc. Rec. Meat Conference*, Colorado State University, v. 45, p. 123-31, 1992.

CUVELIER, C.; CLINQUART, A.; HOCQUETTE, J. F.; CABARAUX, J. F., DUFRASNE, I.; ISTASSE, L.; HORNICK, J. L. Comparison of composition and quality traits of meat from young finishing bulls from Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus breeds. **Meat Science**, v. 74, p. 522–531, 2006.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L. **Química de alimentos de Fennema**, revisão técnica: Adriano Brandelli. – 5. ed. – Porto Alegre: Artmed, p. 953 – 1014, 2019.

DA COSTA, F. **Caracterização do processo de rigor mortis e da maciez dos músculos Gastrocnemius e Pectoralis e efeito da radiação gama na vida comercial da carne de peru (Meleagris gallopavo)**. Dissertação (Mestrado em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal) - Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, 2007.

DELGADO, E. F. et al. Percepção pelos consumidores brasileiros da maciez da carne classificada pela força de cisalhamento e sabor. **Scientia Agrícola**, v.63 n.3, Piracicaba, 2006.

DEVINE, C. E.; PAYNE, S. R.; PEACHEY, B. M.; LOWE, T. E.; INGRAM, J. R.; COOK, C. J. High and low rigor temperature effects on sheep meat tenderness and ageing. **Meat Science**, v. 60, p. 141-146, 2002.

DRANSFIELD, E. Modeling postmortem tenderization. IV - Role of calpain and calpastatin in conditioning. **Meat Science**, v. 34, n. 2, p. 217- 234, 1993.

DRANSFIELD, E. Optimisation of Tenderisation, Ageing and Tenderness Meat Science. **Meat Science**. Avon, v. 36, p. 105-121, 1994.

DRANSFIELD, E. Meat tenderness - The mu-calpain hypothesis. In: International congress of meat science and technology, 45., 1999, Yokohama. **Proceedings** [...]. Yokohama, p. 220-228, 1999.

EGGEN, A., & HOCQUETTE, J. F. Genomic approaches to economic trait loci and tissue expression profiling: Application to muscle biochemistry and beef quality. **Meat Science**, v. 66, p. 1–9, 2004.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Conhecendo a carne que você consome**. Campo Grande, 1999.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The global strategy for the management of farm animal genetic resources**. Executive Brief. Rome, 1999.

FEIJÓ, G. L. D. Conhecendo a carne que você consome. **Embapa Gado de Corte**. Disponível em: <https://old.cnpgc.embrapa.br/publicacoes/doc/doc77/index.html>. Acesso em: 28 dez 2021.

FELÍCIO, P. E. XXXVI Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. **Qualidade de carne bovina: características físicas e organolépticas**. Disponível em: <https://www.fea.unicamp.br/sites/fea/files/dta/laboratorios/PPCD/sbz1.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2021.

FELICIO, P.E. Fatores que Influenciam na Qualidade da Carne Bovina. In: A. M. Peixoto; J. C. Moura; V. P. de Faria. (Org.). **Produção de Novilho de Corte**. 1.ed. Piracicaba: FEALQ, 1997, v. Único, p.79-97.

FERGUSON, D. M.; WARNER, R. D. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? **Meat Science**, v. 80, p.12-19, 2008.

FILHO, A. L. ABC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES. **Angus**. Disponível em: <http://abccriadores.com.br/TextoCorrido.aspx?idTextoCorrido=49>. Acesso: 27 jun. 2021.

GEESINK, G. H., KOOLMEES, P. A., VAN LAACK, H. L. J. M. & SMULDERS, F. J. M. Determinants of Tenderisation in Beef Longissimus dorsi and Triceps bra&i Muscles. **Meat Science**, v. 41, p. 7-17, 1995.

GIL, M., SERRA, X., GISPERT, M., OLIVER, M. A., SAÑUDO, C., PANEA, B., *et al.* The effect of breed-production systems on the myosin heavy chain 1, the biochemical characteristics and the colour variables of *Longissimus thoracis* from seven Spanish beef cattle breeds. **Meat Science**, v. 58, p. 181–188, 2001.

GOLL, D. E., THOMPSON, V. F., TAYLOR, R.G, OUALI, A. The capain system and skeletal muscle gorwth. **Canadian Journal of Animal Science**, v.78, 503-512p., 1998.

GOMÉZ-GUILLÉN, M. C.; TURNAY, J.; FERNANDÉS-DÍAS, M. D.; ULMO, N.; LIZARBE, M. A.; MONTERO, P. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. **Food Hydrocolloids**, Madrid, v.16, p. 25-34, 2002.

GOTHARD, R.H., MULLINS, A.M., BOULWARE, R.F., HANSARD, S.L. Histological Studies of Post-Mortem Changes in Sarcomere Length as Related to Bovine Muscle Tenderness. **Journal of Food Science** , v. 31, p. 825-828, 1966.

GREER, G. G., JONES, S. D. M. Effects of lactic acid and vacuum packaging on beef processed in a research abattoir. **Canadian Institute Food Science and Technology Journal**, v. 24, p. 161–168, 1991.

GROOT, E. Segmentos de preferências na aquisição da carne bovina. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, V. 59(2), 2021.

- GUERRERO, A., SAÑUDO, C., ALBERTÍ, P., RIPOLL, G., CAMPO, M. M., OLLETA, J. L., PANEA, B., KHLIJI, S. & SANTOLARIA, P. Effect of production system before the finishing period on carcass, meat and fat qualities of beef. **Animal**, v. 7, p. 2063-2072, 2013.
- GULLETT, E. A.; JONES, S. D. M.; HINES, R. J. Palatability of Longissimus Dorsi Roasts of Young and Mature Dairy Cows. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, v.16, p. 19-24, 1983.
- HADLICH, J. C. **A influência do colágeno na textura da carne**. UNESP – Botucatu. 2011. Disponível em: <http://dgta.fca.unesp.br/carnes/Alunos%20PG/Zootecnia/roca302.pdf>. Acesso em: 04 ago 2022.
- HECTOR, D. A., BREW-GRAVES, C., HASSEN, N., & LEDWARD, D. A. Relationship between myosin denaturation and the colour of low-voltage-electrically-stimulated beef. **Meat Science**, v. 31, p. 299–307, 1992.
- HEINEMANN, R. J. B., PINTO, M. F., PONSANO, E. H. G. & PERRI, S. H.V. Método simples para estimar encurtamento pelo frio em carne bovina. **Ciência Rural**, v.32, p. 335-339, 2002.
- HERRING, H. K., CASSENS, R.G., SUESS, C.G., BRUNGARDT, V.H., BRISKEY, E.J. Tenderness and Associated Characteristics of Stretched and Contracted Bovine Muscles. **Journal of Food Science**, v. 32, p. 317-323, 1967.
- HERTZMAN, C. et al. The influence of high temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor, ageing and tenderness of beef muscles. **Meat Science**, v.35, n.1, p.119-141, 1993.
- HINER, R. L.; HANKINS, O. G. The tenderness of beef in relation to different muscles and age in the animal. **Journal of Animal Science**, v. 9, p.347–353, 1950.
- HOPKINS, D. L.; THOMPSON, J. M. Factors contributing to proteolysis and disruption of myofibrillar proteins and the impact on tenderisation in beef and sheep meat. **Crop and pasture science**, v. 53, n. 2, p. 149-166, 2002.
- HUFF-LONERGAN, E. & LONERGAN, S. M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. **Meat Science**, v. 71, p. 194 – 204, 2005.
- ISMAIL, I.; HWANG, Y. H., JOO, S.T. Interventions of two-stage thermal sous-vide cooking on the toughness of beef semitendinosus. **Meat Science**, v. 157, p. 107882, 2019.
- JOAQUIM, C. F. **Efeitos da distância de transporte em parâmetros post-mortem de carcaças bovinas**. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, 2002.
- JÚNIOR, C.G.A. **Raças de bovinos – Cortes**. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/zootecnia/bovinocultura/livros/RACAS%20DE%20BOVINOS%20DE%20CORTE.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2021.
- KAMATARA, K., MPAIRWE, D., CHRISTENSEN, M., ESKILDSEN, C. E., MUTETIKKA, D., MUYONGA, J., MUSHI, D., OMAGOR, S., NANTONGO, Z. & MADSEN, J. Influence of age and method of carcass suspension on meat quality attributes of pure bred Ankole bulls. **Livestock Science**, v. 169, p. 175-179, 2014.
- KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. **Meat Science**, v. 43, p. 193–201, 1996.
- KOOHMARAIE, M. Muscle Proteinases and Meat Aging. **Meat Science**, v. 36, p. 93-104, 1994.

- KOOHMARAIE, M. Role of the neutral proteinases in postmortem muscle protein degradation and meat tenderness. In: RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 45., 1992, Knoxville. **Proceedings** [...]. Knoxville: American Meat Science Association, p. 63-71, 1992.
- KOOHMARAIE, M., KENT, M., SHACKELFORD, S., VEISETH, E., WHEELER, T. Meat tenderness and muscle growth: Is there any relationship? **Meat Science**, v. 62, p. 345–352, 2002.
- KROPF, D. H. Color stability: factors affecting the color of fresh meat. **Meat Focus International**, v. 1, p. 269–275, 1993.
- LAWRIE, R.A. **Ciência da Carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- LAWRIE, R. A., & LEDWARD, D. A. **Lawrie's meat Science**, 7. ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2006.
- LAWRENCE, R. W.; DOYLE, J.; ELLIOTT, R. ; LOXTON, I. ; MCMENIMAN, J. P.; NORTON, B. W.; REID, D. J.; TUME, R. W. The efficacy of a vitamin D3 metabolite for improving the myofibrillar tenderness of meat from Bos indicus cattle. **Meat Science**, v. 72, n. 1, p. 69-78, 2006.
- LI, P., WANG, T., MAO, Y., ZHANG, Y., NIU, L., LIANG, R., *et al.* Effect of ultimate pH on post mortem myofibrillar protein degradation and meat quality characteristics of Chinese Yellow crossbreed cattle. **The Scientific World Journal**, v. 13, p. 1–8, 2014.
- LI, Y.; ARNOLD, J. M.; PAMPILLO, M.; BABWAH, A. V.; PENG, T. Taurine prevents cardiomyocyte death by inhibiting NADPH oxidase-mediated calpain activation. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 46, n. 1, p. 51-61, 2009.
- LIRA, G.M. Influência do colágeno sobre a textura de carnes. **Higiene Alimentar**. São Paulo, v.11, n.48, p.12-18, 1997.
- LOCKER, R.H.; HAGYARD, C.J.A. A cold shortening effect in beef muscles. **Journal Science Food Agricultural**, v.14, n.2, p.787-793, 1963.
- LOCKER, R.H. Degree of muscular contraction as a factor in tenderness of beef. **Food Research**, v. 25, n. 2, p. 304-307, 1960.
- LONERGAN, E. H.; ZHANG, W.; LONERGAN, S. M. Biochemistry of postmortem muscle - Lessons on mechanisms of meat tenderization. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 184-195, 2010.
- LOPES, M. A. B.; DE REZENDE, E. M. M. **ABCZ: história e histórias**. Uberaba: Bela Vista Cultura, 2001.
- LUSK, J. L., FOX, J. A., SCHROEDER, T. C., MINTERT, J., & KOOHMARAIE, M. In-store valuation of steak tenderness. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 83, p. 539–550, 2001.
- MACDOUGALL, D.B., Colour meat – its basis and importance. In Pearson, A.M. & DUTSON. T.R. (ed) – **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish product – Advances in meat research series**, vol.9, Black Academic & Professional, cap.2, p. 34 –78, 1994.
- MAHER, S. C., MULLEN, A. M., BUCKLEY, D. J., KERRY, J. P., & MOLONEY, A. P. The influence of biochemical differences on the variation in tenderness of *M. longissimus dorsi* of Belgian Blue steers managed homogenously pre and post-slaughter. **Meat Science**, v. 69, p. 215–224, 2005.

- MALHEIROS, J. M., ENRIQUEZ-VALÊNCIA, C. E., SILVA, J. A., CURI, R. A., OLIVEIRA, H. N., ALBUQUERQUE, L. G., CHARDULLO, L. A., 2020. Carcass and meat quality of Nellore cattle (*Bos taurus indicus*) belonging to the breeding programs. **Livestock Science**, v. 242, p.104277, 2020.
- MANTENSE, F.G. Seminário de Bioquímica do Tecido Animal. UFRGS, 2002. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/carne.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2022.
- MARSH, B.B. Basis of tenderness in muscle foods. **Journal of Food Science**, Chicago, v.42, n.2, p.295-297, 1977.
- MCCORMICK, R. J. The flexibility of the collagen compartment of muscle. **Meat Science**, v. 36, p. 79–91, 1994.
- MELO, P. A., SILVA, J. C. S. A evolução dos ruminantes. **Diversitas Journal**. v. 2, n. 2, p. 191-202, 2017.
- MILLER, R. Drivers of consumer liking for beef, pork, and lamb: A review. **Foods**, v. 9, p.428, 2020.
- MONSÓN, F., SAÑUDO, C., & SIERRA, I. Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. **Meat Science**, v. 71, p. 471–479, 2005.
- MORAES, M. S. **Maturação da carne bovina**. 2004. 43 f. Monografia (Especialização em Qualidade de Alimentos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004.
- MORALES, D. C.; CHARDULO, L. A. L.; SILVEIRA, A. C.; OLIVEIRA, H. N.; ARRIGONI, M. B.; MARTINS, C.L.; CERVIERI, R. C. Avaliação da qualidade da carne de bovinos de diferentes grupos genéticos. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 25, p. 171-175, 2003.
- MORGAN, J.B.; SAVELL, J.W.; HALE, D.S.; MILLER, R.K.; GRIFFIN, D.B.; CROSS, H.R.; SHACKELFORD, S.D. National beef tenderness survey. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 69, p. 3274-3283, 1991.
- MUCHENJE, V., DZAMA, K., CHIMONYO, M., RAATS, J. G., & STRYDOM, P. E. Meat quality of Nguni, Bonsmara and Aberdeen Angus steers raised on natural pasture in the Eastern Cape, South Africa. **Meat Science**, v. 79, p. 20–28, 2008.
- MUCHENJE, V., DZAMA, K., CHIMONYO, M., STRYDOM, P. E., HUGO, A., & RAATS, J. G. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. **Food Chemistry**, v. 112, p. 279–289, 2009.
- MUIR, P. D., WALLACE, G. J., DOBBIE, P. M., & BOWN, M. D. A comparison of animal performance and carcass and meat quality characteristics in Hereford, Hereford x Friesian, and Friesian steers grazed together at pasture. New Zealand. **Journal of Agricultural Research**, v. 43, p. 193–205, 2000.
- OLIVERA, D.F., BAMBICHA, R., LAPORTE, G., CARDENAS, F.C., MESTORINO, N. Kinetics of colour and texture changes of beef during storage. **Journal of Food Science and Technology**, v. 50, p. 821–825, 2013.
- OLIVEIRA, L.B., SOARES, G.J.D., ANTUNES, P.L. Influência da Maturação de Carne Bovina na Solubilidade do Colágeno e Perdas de Peso por Cozimento. **Rev. Bras. de Agrociência**, v.4, nº3, p.166-171, 1998.
- OLSSON, U. et al. The influence of low temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor mortis, ageing and tenderness of beef muscles. **Meat Science**, v.37, n.1, p.115-131, 1994.

PALKA K. DAUN, H. Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine M. semitendinosus during heating. **Meat Science**, v. 51, p.237–243, 1999.

PAPALEO MAZZUCCO, J., GOSZCZYNSKI, D.E., RIPOLI, V.M., MELUCCI, L.M., PARDO, A.M., COLATTO, E., ROGBERG-MUNOZ, A., MEZZADRA, C.A., DEPETRIS, G.J., GIOVAMBATTISTA, G., VILLARREAL, E.L., 2016. Growth, carcass and meat quality traits in beef from Angus, Hereford and cross-breed grazing steers, and their association with SNPs in genes related to fat deposition metabolism. **Meat Science**, v.114, p. 121–129, 2016.

PARRISH, F.C. et al. Effect of postmortem conditions on certain chemical, morphological and organoleptic properties of bovine muscle. **Journal of Food Science**, v.38, p.690- 695, 1973.

PARRISH, F. C.; BOLES, J. A.; RUST, R. E.; OLSON, D. G. Dry and Wet Aging Effects on Palatability Attributes of Beef Loin and Rib Steaks from Three Quality Grades. **Journal of Food Science**, v.56, p.601-603, 1991.

PARKER, D. T., GEESINK, G. H., THOMPSON, J. M., POLKINGHORNE, R. J., BALL, A. B. & MCGILCHRIST, P. The impact of different Hormonal Growth Promotants (HGP) on desmin degradation and collagen content of various muscles from pasture and feedlot finished steer carcasses. **Meat Science**, v. 182, 108615, 2021.

PATHARE, P.B., OPARA, U.L., AL-SAID, F.AJ. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. **Food Bioprocess Technology**, v. 6, p. 36–60, 2013.

PELICANO, E. R. L.; PRATA, L. F. Propriedades da carne e medidas instrumentais de qualidade. **Revista Nacional da Carne**, v. 31, n. 364, p. 22-35, 2007.

PETROLINI, S. M. **Influência do bem-estar animal na qualidade da carne bovina**. Ituverava, 2014. Disponível em:
[http://www.dspace.feituverava.com.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/129/M%](http://www.dspace.feituverava.com.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/129/M%20). Acesso em: 30 jul. 2022.

PITUCO, E.M. A importância da Febre Aftosa em Saúde Pública. **Beef Point**, 2002. Disponível em:
<https://www.beefpoint.com.br/a-importancia-da-febre-aftosa-em-saude-publica-5425/>. Acesso em: 27 jul. 2022.

POLETI, M. D.; MONCAU, C. T.; VIGNATO, B. S.; ROSA, A. F.; LOBO, A. R.; CATALDI, T. R.; NEGRÃO, J. A.; SILVA, S. L.; ELER, J. P. E.; BALIEIRO, J. C. C. Label-free quantitative proteomic analysis reveals muscle contraction and metabolism proteins linked to ultimate pH in bovine skeletal muscle. **Meat Science**, v. 145, p. 209–219, 2018.

PUGA, D. M. U.; CONTRERAS, C. J. C., TURNBULL, M. R. Avaliação do amaciamento de carne bovina de dianteiro (*Triceps brachii*) pelos métodos de maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.1, p. 1-10, 1999.

PURSLOW, P.P. Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. **Meat Science**, Barking, v. 70, p. 435-447. 2005.

PRIOLO, A., MICOL, D., & AGABRIEL, J. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour: A review. **Animal Research**, v. 50, p. 185–200, 2001.

ROÇA, R. O. **Tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, 2000. p. 201-202.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. 1 ed. Viçosa-MG: Editora UFV, 2007. p. 599.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. 2 ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. p. 473.

RAUL SEIXAS. **Prelúdio**. Disponível em: <https://www.letras.mus.br/raul-seixas/165312/>. Acesso em: 08 ago. 2022.

RAZMINOWICZ, R. H., KREUZER, M., & SCHEEDER, M. R. L. Quality of retail beef from two grass-based production systems in comparison with conventional beef. **Meat Science**, v. 73, p. 351–361, 2006.

REICH, G. Collagen. Methods, Results and Directions of the Research. **WNT**, 1970.

REVILLA, I., & VIVAR-QUINTANA, A. M. Effect of breed and ageing time on meat quality and sensory attributes of veal calves of the “Ternera de Aliste” quality label. **Meat Science**, v. 73, p. 189–195, 2006.

ROÇA, R. O. Modificações post-mortem, 2015. Disponível em: <https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaoetecnologia/Teses/Roca105>. Acesso em: 01 julho 2021.

RODRIGUES, V. **Análises dos efeitos do colágeno bovino e derivados na proliferação celular e biossíntese de colágeno em fibroblastos humanos**. 2009. 74 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Interunidades em Biotecnologia USP/ Instituto Butantan/IPT, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ROSA, A. N., MENEZES, G. R. O. Recursos genéticos em gado de corte. **Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2194130/artigo-recursos-geneticos-em-gado-de-corte>. Acesso em: 26 jun. 2021.

SANTANA, M. L. et al. Structure and genetic diversity of Brazilian Zebu cattle breeds assessed by pedigree analysis. **Livestock Science**, v. 187, p. 6–15, 1 maio 2016.

SANT'ANNA, A.C., VALENTE, T.D.S., MAGALHAES, A.F.B., ESPIGOLAN, R., CEBALLOS, M.C., DE ALBUQUERQUE, L.G., PARANHOS DA COSTA, M.J.R., 2019. Relationships between temperament, meat quality, and carcass traits in Nellore cattle. **Journal of Animal. Science**. v. 97, p. 4721–4731, 2019.

SAÑUDO, C., MACIE, E. S., VILLARROEL, J. L., OLLETA, M., PANEA, B., & ALBERTI, P. The effects of slaughter weight, breed type and ageing time on beef meat quality using two different texture devices. **Meat Science**, v. 66, p. 925–932, 2004.

SAVELL, J., MILLER, R., WHEELER, T., KOOHMARAIE, M., SHACKELFORD, S., MORGAN, B., CALKINS, C., MILLER, M., DIKEMAN, M., MCKEITH, F., DOLEZAL, G., HENNING, B., BUSBOOM, J., WEST, R., & PARRISH, F. (2013). **Standardized Warner–Bratzler shear force procedures for genetic evaluation**. Disponível em: <https://meat.tamu.edu/research/shear-force-standards/>. Acesso em: 22 jan. 2020.

SCOLLAN, N. *et al.* Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. **Meat Science**, v. 74, p. 17–33, 2006.

SEIDEMAN, S. C. & KOOHMARAIE, M. Factors Associated with Tenderness in Young Beef*. **Meat Science**, v. 20, p. 281–291, 1987.

SEIDEMAN, S. C., CROUSE, J. D., & CROSS, H. R. The effect of sex condition and growth implants on bovine muscle fiber characteristics. **Meat Science**, v. 17, p. 79–85, 1986.

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

SHACKELFORD, S. D.; WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M. Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 3333-3340, 1995.

SHORTHOSE, W. R., & HARRIS, P. V. Effect of growth and composition on meat quality. In A. M. Pearson & T. R. Dutson (Eds.). **Growth regulation in farm animals**, vol. 17, p. 515–555, 1991.

SIGARINI, C. **Avaliação bacteriológica da carne de bovino desossada em estabelecimentos comerciais do município de Cuiabá - MT/Brasil**. Dissertação (Mestrado em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal) – Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, 2004.

SILVA, A. B. **O Zebu na Índia e no Brasil**. Rio de Janeiro: A. B. S., p. 280, 1947.

SHIMOKOMAKI, M. Cross-links in cartilage collagen fibers. In: Brazilian Congress on Protein. Campinas, 1990. **Proceedings...** Ed:UNICAMP. p. 422 – 432, 1991.

SMAKUYEV, D. *et al.* Acclimatization and productive qualities of American origin Aberdeen-Angus cattle pastured at the submontane area of the Northern Caucasus. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, 2021.

SMITH, G. C.; CARPENTER, Z. L.; KING, G. T. Considerations for Beef tenderness evaluations. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 34, n. 6, p. 612-618, 1969.

SMULDERS, F.J.; MARSH, B.B.; SWARTZ, D.R.; RUSSELL, R.L.; HOENECKE, M.F. Beef tenderness and sarcomere length. **Meat Science**, v. 28, n. 4, p. 349-363, 1990.

SOUZA, V. F. Epidemiologia, patogenia, diagnóstico, prevenção, e controle de febre aftosa. **Embrapa**, 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPGC-2009-09/12401/1/DOC166.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2022.

STOLOWSKI, G. D., BAIRD, B. E., MILLER, R. K., SAVELL, J. W., SAMS, A. R., & TAYLOR, J. F., *et al.* Factors influencing the variation in tenderness of seven major beef muscles from three Angus and Brahman breed crosses. **Meat Science**, v. 69, p. 215–224, 2006.

SZCZESNIAK, A. S. Classification of textural characteristics. **Journal of Food Science**, v. 28, p. 385-389, 1963.

THOMPSON, J. Key influences of meat quality. **Armidale Feeder Steer School**, Armidale, session 5a, p. 46-53, 2004.

TORNBERG, E.; WAHLGREN, M.; BRONDUM, E. S. B. Biophysical aspects of meat tenderness. **Meat Science**, v. 43, p. S175-S191, 1996.

TUMA, H. J.; HENRICKSON, R. L.; ODELL, G. V.; STEPHENS, D. F. Variation in the physical and chemical characteristics of the longissimus dorsi muscle from animals differing in age. **Journal of Animal Science**, v. 22, p. 354–357, 1963.

VARRICCHIO, E.; RUSSOLILLO, M. G.; MARUCCIO, L.; VELOTTO, S.; CAMPANILE, G.; PAOLUCCI, M.; RUSSO, F. Immunological detection of m- and μ -calpains in the skeletal muscle of Marchigiana cattle. **European Journal of Histochemistry**, v. 57, n. 1, p. 10-15, 2013.

VEISETH, E.; SHACKELFORD, S. D.; WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M. Effect of postmortem storage on mu-calpain and m-calpain in ovine skeletal muscle. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 6, p. 1502–1508, 2001.

VESTERGAARD, M., SEJRSEN, K., KLAstrup, S. Growth, composition and eating quality of Longissimus dorsi from young bulls fed the β -agonist cimaterol at consecutive developmental stages. **Meat Science**, v. 38, p. 55-66, 1994.

VERBEKE, W.; WESEMAEL, L. V.; BARCELLOS, M. D.; KUGLER, J. O.; HOCQUETTE, J. F.; UELAND, O.; GRUNERT, K. G. European beef consumers' interest in a beef eating-quality guarantee. Insights from a qualitative study in four EU countries. **Appetit**, v. 54, p. 289-296, 2010.

VOLPELLI, L. A.; FAILLA, S.; SEPILERI, A., et al. Calpain system in vitro activity and miofibril fragmentation index, in fallow deer effects of age and supplementation. **Meat Science**. p. 1-4, 2004.

WARRISS P.D.; BROWN, S.N. Bem-estar de suínos e qualidade da carne: Uma visão britânica. In: Conferência internacional virtual sobre qualidade de carne suína. **Anais [...]**. p. 17-20, 2000.

WEISS, A. **Os grandes Reprodutores Indianos no Brasil**. São Paulo: Reis, Cardoso, Botelho S/A. p.544, 1956.

WHEELER, T. L. et al. Effects of cooking and shearing methodology on variation in Warner-Bratzler shear force values in beef. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 9, p. 2325-2330, 1994.

WHEELER, T. L.; CUNDIFF, L. V.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. Characterization of biological types of cattle (Cycle VII): Carcass, yield, and longissimus palatability traits. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 1, p.196-207, 2005.

WHEELER, T. L., KOOHMARAIE, M. A modified procedure of simultaneous extraction and subsequent assay of calcium-dependent and lysosomal protease systems from a skeletal muscle biopsy. **Journal of Animal Science**, v. 769, p. 1559–1565, 1991.

WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. Sampling, cooking and coring effects on Warner-Bratzler shear force values in beef. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 7, p. 1553-1562, 1996.

WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. Standardizing collection and interpretation of Warner-Bratzler shear force and sensory tenderness data. In: ANNUAL RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 50., Chicago, 1997. **Proceedings [...]**. Chicago: National Live Stock, p. 68-77, 1997.

WHEELER, T.L.; SAVELL, J.W.; CROOS, H.R. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 12, p. 4206-4220, 1990.

WHITE, A.; O'SULLIVAN, A.; TROY, D. J.; NEILL, E. E. Manipulation of the pre-rigor glycolytic behaviour of bovine M. longissimus dorsi in order to identify causes of inconsistencies in tenderness. **Meat Science**, v.73, p. 151 –156, 2006a.

WHITE, A., O' SULLIVAN, A., O' NEILL E.E., TROY, D.J. Manipulation of the pre-rigor phase to investigate the significance of proteolysis and sarcomere length in determining the tenderness of bovine M. longissimus dorsi. **Meat Science**, v. 73, p. 204-208, 2006b.

WHIPPLE G.; KOOHMARAIE, M.; DIKEMAN, M.E.; CROUSE, J. D.; HUNT, M. C.; KLEMM, R.D. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 2716-2728, 1990.

WULF, D. M.; MORGAN, J. M., TATUM, J. B.; SMITH, G. C. Effects of animal age, marbling score, calpastatin activity, subprimal cut, calcium injection, and degree of doneness on the palatability of steaks from Limousin steers. **Journal of Animal Science**, v.74, p.569–576, 1996.