

**Universidade de Évora – Escola de Ciências e Tecnologia**

Mestrado em Engenharia Zootécnica

Dissertação

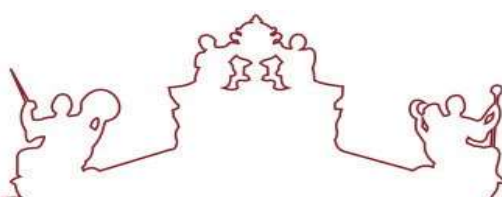
**Estudo da qualidade da carne de bovino: “Efeito da  
maturação da carne”**

Abílio da Silva Guterres

Orientador(es) | José Alberto Feijão Macedo Neves

Évora, 2020





**Universidade de Évora – Escola de Ciências e Tecnologia**

Mestrado em Engenharia Zootécnica

Dissertação

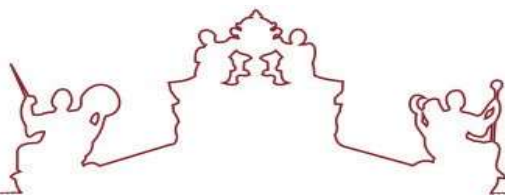
**Estudo da qualidade da carne de bovino: “Efeito da  
maturação da carne”**

Abílio da Silva Guterres

Orientador(es) | José Alberto Feijão Macedo Neves

Évora, 2020





A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

- Presidente | Fernando Paulo de Sousa e Sá Correia Marques (Universidade de Évora)
- Vogal | José Manuel Mota Ruivo Martins (Universidade de Évora)
- Vogal-orientador | José Alberto Feijão Macedo Neves (Universidade de Évora)

Évora, 2020



## **DEDICATÓRIA**

**Dedico este trabalho aos meus pais.  
À minha esposa Maria Madalena Ximenes.  
Aos meus filhos Jéssica, Jojoe e Denízia.  
Aos meus irmãos.**

## AGRADECIMENTOS

Ao terminar este trabalho final do mestrado no curso de Engenharia Zootécnica quero agradecer a todos aqueles que, de uma forma direta ou indireta, contribuíram para que a minha vida académica terminasse com êxito.

Assim, deixo os meus agradecimentos:

A Deus todo-poderoso por me iluminar no caminho, pela Sua presença constante na minha vida e por mais esta oportunidade de crescimento pessoal e profissional.

Ao Professor Doutor José Alberto Feijão Macedo Neves, pela sua disponibilidade em ser orientador da minha dissertação, pela sua motivação e correções da minha dissertação e pelo apoio, simpatia e amizade demonstrados.

Ao Professor Doutor José Manuel Mota Ruivo Martins, pela sua disponibilidade, paciência e ajuda na realização análise estatística por facilitar utilizar software *SPSS*.

Ao Professor Doutor Fernando Paulo de Sousa e Sá Correia Marques, Diretor do curso de mestrado em Engenharia Zootécnica, e todos os docentes, pela disponibilidade e apoio demonstrados durante o processo de ensino e aprendizagem.

Ao Reitor da Universidade Nacional Timor Lorosa'e, pela disponibilidade e por me concedeu esta oportunidade para frequentar os meus estudos na Universidade de Évora.

A todo o pessoal, do laboratório de Nutrição e Metabolismo da Universidade de Évora, pelo trabalho e dedicação.

A toda a minha família, em especial aos meus pais Belarmino Guterres e Regina Guterres pelo amor e apoio que me deram ao longo da minha vida.

Gostaria de dar um agradecimento especial a minha querida esposa Maria M. Ximenes e aos meus filhos estimados Jéssica N. Guterres, Jojoe Q. Guterres e Denizia R. Guterres que me proporcionaram a possibilidade de estudar e me deram sempre força e apoio para continuar, mesmo nos momentos de maior dificuldade e ainda por todo amor, dedicação e orgulho que sempre tiveram em mim e pelo carinho, amor e paciência demonstrados ao longo dos três anos da minha estadia em Évora, Portugal.

Aos meus amigos, Celso e Marta, pela amizade, pela ajuda e motivar no momento difíceis ao longo de todo na realização deste trabalho no laboratório.

Aos colegas timorenses que estão a estudar em Évora e noutras universidades em Portugal, pela amizade e coragem.

Aos colegas do curso de mestrado em Engenharia Zootécnica do ano letivo 2017, pelo incentivo e amizade demonstrados.

## RESUMO

### **Estudo da qualidade da carne de bovino: “Efeito da maturação da carne”.**

O presente trabalho pretende avaliar a influência da maturação da carne de bovino sobre os parâmetros físico-químicos: cor, pH, capacidade da retenção da água, humidade, lípidos neutros e lípidos polares, pigmentos totais e colagénio total e solúvel ao nível do músculo longissimos dorsi.

Foram usadas 4 amostras de carne maturada e 4 amostras de carne não maturada adquiridas no mercado. Desconhece-se o período de maturação das amostras maturadas assim como o sistema de produção que as originou (raça, idade e peso de abate dos bovinos).

Os resultados evidenciaram um teor de colagénio solúvel expresso em percentagem de colagénio total da carne maturada 28% superior ao da carne não maturada (NS), que por sua vez registou um valor de pH significativamente inferior. A composição química não foi afetada, sendo que as pequenas diferenças nos teores de lípidos neutros e polares, assim como de pigmentos totais deverão ser atribuídos à origem das amostras no mercado e não ao efeito da maturação. A capacidade de retenção de água e a cor da carne não foram afetadas pela maturação.

Sendo que o principal objetivo da maturação é a obtenção de carne mais tenra parece que esse objetivo é tendencialmente obtido.

**Palavras-chave:** Qualidade, carne de bovino; efeito da maturação.

## ABSTRACT

### Beef quality study: “Effect of meat aging”

The present work intends to evaluate the influence of aging of meat on physical-chemical parameters: color, pH, water holding capacity, moisture, neutral and polar lipids, total pigments and total and soluble collagen on Longíssimus dorsi muscle. 4 samples of aged beef and 4 samples of unaged beef were acquired on the local market. The aging period is unknown, as well as the production system that originated them (breed, age and slaughter weight of the cattle).

The results showed that soluble collagen content in total collagen percentage was 28% higher in aged than in unaged beef (NS), which in turn registered a significantly lower pH value. The chemical composition was not affected, and the small differences in the levels of neutral and polar lipids, as well as of total pigments should be attributed to the origin of the samples on the market and not to the effect of aging. The water holding capacity and meat color were not affected by aging.

Since the main objective of aging is to obtain more tender meat, it seems that this objective is tended to be achieved.

**Keywords:** Beef quality; physical-chemical parameters; aging of meat.



## ÍNDICE GERAL

DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS .....	ii
RESUMO .....	iv
ABSTRACT .....	v
ÍNDICE GERAL .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE QUADROS .....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS .....	ix
<b>1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>9</b>
2.1 Caracterização e origem dos bovinos.....	9
2.2 Sistemas de produção.....	10
2.2.1 Sistema extensivo.....	11
2.2.2 Sistema semi-intensivo .....	12
2.2.3 Sistema intensivo.....	14
2.3 Tecido muscular .....	15
2.4 Composição química .....	16
2.5 Estrutura.....	17
2.6 Fatores de produção que afetam a qualidade da carne.....	19
2.6.1 Idade e peso .....	19
2.6.2 Alimentação .....	20
2.7 Maturação da carne .....	21
2.7.1 Mecanismo da maturação.....	23
2.7.2. Tipos de maturação .....	27
2.7.3 Efeito da maturação.....	32

2.7.1.1 pH.....	32
2.7.1.2 Capacidade da retenção da água .....	35
2.7.1.3 Tenrura .....	36
2.7.1.4 Cor.....	41
2.7.1.5 O teor de colagénio solúvel.....	46
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>51</b>
3.1 Ensaio Experimental .....	51
3.1.1 Amostras da carne de bovino .....	51
3.2 Procedimento analítico .....	51
3.2.1 Parâmetros físicos.....	51
3.2.1.1 Cor.....	51
3.2.1.2 pH.....	53
3.2.1.3 Capacidade de retenção de água (CRA).....	53
3.2.2 Parâmetros químicos.....	54
3.2.2.1 Humidade .....	54
3.2.2.2 Lípidos intramusculares .....	54
3.2.2.3 Teor em colagénio .....	55
3.2.2.4 Pigmentos totais .....	57
3.3 Análise estatística .....	57
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>58</b>
4.1 Composição química do músculo Longissimus dorsi (vazia) de bovino maturado e não maturado. ....	58
4.2 Características tecnológicas e cor do músculo Longissimus dorsi (vazia) de bovino maturado e não maturado.....	61
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>66</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>67</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Desenho esquemático da fibra muscular .....	18
Figura 2. Modelo com etapas da ativação das calpaínas e amaciamento da carne .....	26
Figura 3. Maturação a seco e húmida .....	27
Figura 4. Amostras da carne não maturada e maturada .....	51
Figura 5. Espaço da cor CIELAB.....	52
Figura 6. Processo de determinação da cor utilizando um colorímetro Minolta CR-400.....	53

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Características tecnológicas e cor do músculo Longíissimus dorsi (vazia) de bovino maturado e não maturado .....	59
Quadro 2. Características tecnológicas e cor do músculo Longissimus dorsi (vazia) de bovino maturado e não maturado .....	63

## LISTA DE ABREVIATURAS

CRA – Capacidade de retenção de água  
DFD – Carne escura, firme e seca (dark, firm, dry)  
NP – Norma portuguesa  
CT – Colagénio total  
CS – Colagénio solúvel  
PT – Pigmentos totais  
LN – Lípidos neutros  
LP – Lípidos polares

## **1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS**

Em Portugal, os sistemas extensivos tradicionalmente são usados para a produção de vitelos, e menos para a sua recria ou engorda. Este modo de produção obtém a sua rentabilidade da exploração dos recursos forrageiros da pastagem, e é altamente dependente da eficiência reprodutiva do efetivo e da taxa de sucesso no desmame dos vitelos (Archer, 2013).

A criação de bovinos com aptidão para a produção de carne, em regime extensivo, é uma alternativa em explorações com condições edafo-climáticas menos favoráveis. No Alentejo, este tipo de exploração é muito comum e representa uma solução para o aproveitamento dos solos menos férteis onde se encontram instaladas pastagens naturais pobres (Cabral, 2016).

A eficiência reprodutiva do efetivo está fundamentalmente relacionada com a capacidade de obter um parto/vaca/ano, e para ela contribuem fatores genéticos (Neupane et al., 2017) a capacidade reprodutiva dos touros (Thundathil et al., 2016) e a nutrição, condição corporal e estado metabólico das fêmeas (D'Occhio et al., 2019).

A carne é a fonte principal de proteína animal para o consumo humano e pode ser definida como um conjunto de tecidos que preenchem a carcaça de animais admitidos para consumo alimentar em obediência a criteriosa apreciação higio-sanitária. O seu valor proteico desempenha um papel importante para o desenvolvimento do organismo humano (Júnior et al., 2011).

Segundo Lawrie (2005), a carne é a musculatura dos animais utilizada como alimento, mas frequentemente incluídos, além da musculatura, órgãos como o fígado e os rins, o cérebro e outros tecidos comestíveis.

De acordo com Teichmann, 2000 citado por Grácia, (2011), a carne é definida como a musculatura dos animais utilizados para a alimentação humana, e é composta por cinco tipos básicos de tecidos: muscular, epitelial, adiposo, nervoso e conjuntivo, sendo que os músculos são os principais componentes. Para obter carne bovina de qualidade é necessário observar cuidados que vão desde o nascimento do animal até o preparo do produto final.

A carne é um produto resultante das contínuas transformações que ocorrem no músculo após a morte do animal, sendo ela utilizada como alimento de elevada qualidade nutricional, na regulação de processos fisiológicos e orgânicos, além do fornecimento de energia (Monte et al. 2012).

As carnes são compostas de todas as partes dos órgãos animais, incluídos na alimentação humana, inclusive os órgãos internos (miúdos). Um corte comercial de carne apresenta juntamente com o tecido muscular, em diferentes proporções, o tecido conjuntivo, o tecido adiposo e ocasionalmente, o tecido ósseo (Philippi, 2006).

A carne de bovino é um alimento bastante perecível, sendo esse o principal motivo por se considerar um dos alimentos com maior risco para a segurança alimentar dos consumidores. Por outro lado, o permanente contacto da carne de bovino fresca com o oxigénio faz com que os microrganismos aeróbios, introduzidos durante o abate, existentes à superfície da carcaça, se desenvolvam rapidamente. Consequentemente, estes microrganismos provocam uma célere deterioração da carne, comparativamente, com a ação de microrganismos anaeróbios, o que faz com que esta tenha um curto tempo de vida útil (Arantes, 2014).

A qualidade da carne bovina é determinada por um conjunto de atributos extrínsecos e intrínsecos. Entre estes atributos, destacam-se as características relacionadas ao tecido gordo, tais como cor e textura; capacidade de retenção de água, rendimento e tamanho de cortes nobres; proporção entre tecido gordo e magro; qualidade nutritiva, química e histoquímica dos músculos; grau de marmoreio, assim como tenrura, suculência, sabor e aroma (Warris, 2000).

Um produto de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, acessível, segura, e, no tempo certo, às necessidades do cliente. No caso do produto ser um alimento como a carne bovina, e o cliente ser um consumidor moderno, muito seletivo, poder-se-ia adaptar esta definição de modo a incluir valor nutritivo, sanidade e características organolépticas (Felício, 1997).

De acordo com Felício (1998), a qualidade de carne envolve vários aspectos como pH, capacidade de retenção de água, cor, textura, quantidade e distribuição da gordura, sabor e suculência. Ou seja, a percepção da qualidade de carne se dá através de atributos relacionados às medidas físicas, químicas e microbiológicas. Esses parâmetros podem ser manipulados pela nutrição a que os animais são submetidos como, por exemplo, dietas à base de concentrado tendem a gerar carnes com cores mais claras devido à diminuição da mioglobina, e carne mais macia devido ao teor elevado de concentrado aumentar os teores de gordura intramuscular.

Segundo Felício (1998), o tema qualidade de carne envolve fatores técnicos definidos e também fatores subjetivos os quais estão relacionados com a recetividade do produto pelos consumidores. Assim, para avaliação da qualidade de carnes bovinas, são utilizadas diferentes medidas físicas, químicas,

microbiológicas, além de informações obtidas através de análises sensoriais realizadas por avaliadores treinados.

Miller (1994) afirma que as características da carne bovina são influenciadas pela estrutura do músculo, sua composição química, interações entre seus constituintes químicos, alterações post mortem que ocorrem no músculo, stress e efeito pré-abate, processamento e armazenagem e contaminação microbiana. A raça, o genótipo e as condições de criação dos animais são fatores determinantes dessas características, onde o fator nutrição/alimentação ocupa um espaço amplo como ferramenta no controle da qualidade na produção carne (Andersen et al. 2005).

O conceito da qualidade baseia-se através de dois extremos. Onde o primeiro é que a qualidade, é considerada como produto da mente do consumidor, sendo assim, este ponto é altamente subjetivo, portanto não podendo ser medido consistente e objetivamente. No outro extremo, considerase que a qualidade é objetivamente definida e, portanto, existente apenas na extensão em que é cientificamente mensurável, dessa forma, apenas os atributos mensuráveis de forma objetiva são considerados atributos de qualidade (Júnior et al. 2011). Sendo assim o conceito de "qualidade de carne" torna-se bastante dinâmico, pois ele sempre vem evoluindo de acordo com a preferência dos consumidores, envolvendo assim diversas características, que estão fortemente relacionadas às tradições e culturas de cada região, de tal maneira que fica impossível utilizar uma definição com aceitação mundial (Peixoto, 2009). Com isso para obter uma carne de melhor qualidade, faz-se necessário a



compreensão de fatores que exercem influência sobre as características qualitativas da carne.

Segundo Felício (1993), a qualidade da carne é classificada da seguinte maneira: a) qualidade visual: aspetos que atraem ou repelem o consumidor que vai às compras; b) qualidade gustativa: atributos que fazem com que o consumidor volte ou não a adquirir o produto; c) qualidade nutricional: nutrientes que fazem com que o consumidor crie uma imagem favorável ou desfavorável da carne como alimento compatível com suas exigências para uma vida saudável, e d) segurança: aspetos higiênico-sanitários e a presença ou não de contaminantes químicos, como resíduos de pesticidas. Depois, os fatores que influenciam na qualidade visual e gustativa foram subdivididos em duas categorias: os ante mortem, ou intrínsecos, e os post mortem, ou extrínsecos. Na primeira categoria, encontram-se os fatores vinculados ao genótipo dos animais e às condições ambientais em que se desenvolveram. Na segunda, estão aqueles que se confundem com os procedimentos técnicos adotados pelos matadouros-frigoríficos e demais segmentos, até o consumidor final.

A qualidade de um alimento poderá ter vários significados para um consumidor. Esta passará não só por uma qualidade microbiológica, em termos de segurança alimentar, mas também por uma qualidade organolética que vá de encontro às exigências do consumidor. Fontes, et al., (2011) referem a proposta de Grunert et. al., (1996) de uma distinção de qualidade alimentar em quatro tipos:

(i) Qualidade do produto que é medida com base nas características físicas do produto (teor em gordura, tamanho do músculo, contagem de células

do leite, entre outras),

(ii) Qualidade do processo, que se relaciona com características do processo de produção (satisfação de determinados padrões ecológicos ou éticos),

(iii) Controlo de qualidade que traduz até que ponto a qualidade do produto e a qualidade do processo se mantêm estáveis a níveis pré-determinados,

(iv) Qualidade de uso ou para o consumidor que exprime a perceção subjetiva da qualidade por parte do utilizador. Daqui é possível inferir que a qualidade de um produto alimentar tem duas dimensões, uma objetiva, relacionada com as características físicas do produto, e uma subjetiva, percecionada pelos consumidores.

Quanto à qualidade objetiva, especificamente no que toca à carne de bovino, podem ser apontadas algumas características físico-químicas relevantes para a averiguação desta qualidade, nomeadamente a cor, a quantidade de gordura intramuscular, a quantidade de gordura subcutânea ou intermuscular, entre outras (Fontes et al. 2011).

Porém, quando se foca na qualidade alimentar na perspetiva do consumidor, fala sobre uma qualidade muito mais subjetiva, a qualidade percecionada. A perceção de qualidade poderá ser definida como a capacidade percecionada de um produto para fornecer satisfação relativamente às alternativas existentes (Fontes et al. 2011).

Para obter carne bovina de qualidade é necessário observar cuidados que vão desde o nascimento do animal até o preparo do produto final. O consumidor final busca carne com boa palatabilidade e aparência. A produção de carne deve

ter como princípio produzir com a máxima qualidade, a fim de preservar os benefícios que o alimento pode proporcionar ao consumidor. A obtenção de carne em condições não adequadas podem afetar diretamente a saúde do consumidor através de infecções e intoxicações alimentares (Sarcinelli et al. 2007).

Segundo Dutcosky (2013), a qualidade é composta por características que diferenciam os alimentos e compreende três aspectos fundamentais: nutricional, microbiológico e sensorial.

A qualidade da carne é uma medida das características desejadas e valorizadas pelo consumidor, e pode ser afetada por diferentes fatores como alimentação, idade, peso ao abate, genótipo, transporte, armazenamento entre outros. De um modo geral os principais fatores que podem afetar ou influenciar na qualidade da carne dos ruminantes, são fatores físicos, intrínsecos e da produção (Santos, 2016).

A qualidade da carne é influenciada por vários fatores, nomeadamente, a raça do animal, sexo, alimentação e sobretudo o manejo do animal. No manejo estão implícitas as condições a que o animal está sujeito. Por isso, o bem-estar animal influencia de modo fulcral a qualidade da carne que será obtida. Normalmente, a qualidade da carne bovina avalia-se pelas características sensoriais, como cor, textura, sabor e aroma (Arantes, 2014).

A qualidade de um alimento está intimamente associada à sua aceitabilidade pelos consumidores. Atualmente, aspetos ligados à ética na produção animal e impacto ambiental são valorizados pelo consumidor, inserindo-se no conceito de qualidade, ao contrário do que acontecia antes, em

que apenas se valorizavam as características extrínsecas de qualidade da carne. Para a sua definição, devem ser considerados aspetos como pH, capacidade de retenção de água, cor, firmeza, textura, quantidade e distribuição da gordura, tenrura, sabor e suculência (Reis, 2018).

A maturação é o processo de resolução do rigor mortis, durante o qual desenvolve-se um relaxamento lento e contínuo, por ação de proteases do próprio músculo (Ostidal et al., 1992).

Segundo Asghar & Henrickson (1983) e Kendall et al. (1993), a maturação acontece sob ação de dois sistemas enzimáticos. O primeiro, formado por proteases sarcoplasmáticas, envolve enzimas cálcio-dependentes, enquanto o segundo é formado por proteases ribossômicas.

O presente trabalho pretende avaliar a influência da maturação da carne de bovino através da determinação dos parâmetros físico-químicos: cor, pH, capacidade da retenção da água, humidade, lípidos neutros e lípidos polares, pigmentos totais e colagénio total e solúvel ao nível do músculo *Longissimus dorsi*.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Caracterização e origem dos bovinos

Os bovinos domésticos pertencem à Família Bovidae da Ordem Artiodactyla que inclui também os géneros Ovis, Capra e Antilope. O primeiro bóvido apareceu no Mioceno (há cerca de 20 milhões de anos) e teve uma rápida radiação (Iglesias, 1989).

Segundo dados paleontológicos, terão existido diferentes espécies de bóvidos, atualmente extintas. Destas o auroque, *Bos primigenius*, terá sido o ancestral selvagem do bovino doméstico. O auroque teve como local de origem a Ásia de onde se expandiu para a Europa e para o Norte de África, encontrando-se vestígios fósseis desde a Península Ibérica até à China. A sua grande ocupação geográfica terá levado à diferenciação de três subespécies: *B. p. primigenius* europeu, *B. p. opisthonomus* africano e *B. p. namadicus* asiático (Epstein e Mason, 1984).

Existem duas formas reconhecidas de bovino doméstico, o bovino taurino, sem bossa, da Europa, Oeste africano e Norte asiático (*Bos taurus*) e o bovino zebu com bossa do Sul da Ásia e África (*Bos indicus*). A nomenclatura clássica de Linneu considera estas duas formas como espécies distintas e é sustentada por dados aloenzimáticos (Manwell e Baker, 1980, in Loftus et al., 1994b). Contudo, certos aspectos, como a pouca informação obtida por marcadores proteicos e a completa interfertilidade entre *B. indicus* e *B. taurus* tem levado a que muitos autores as considerem como subespécies (Epstein e Mason, 1984).

Segundo Epstein (1971), o bovino sem bossa é, ainda, subdividido em bovino de cornos longos e bovino de cornos curtos, considerando este último

descendente do primeiro, por via seletiva.

## **2.2 Sistemas de produção**

O sistema de produção de bovinos de carne é definido pelo conjunto de tecnologias e práticas de manejo, bem como o tipo de animal, o propósito da criação, a raça ou agrupamento genético e a eco região onde a atividade é desenvolvida. Para se definir um sistema de produção, os aspetos sociais, económicos e culturais devem ser levados em conta, uma vez que estes têm influência decisiva, principalmente nas modificações que poderão ser impostas por forças externas e, especialmente, na forma como tais mudanças deverão ocorrer para que o processo seja eficaz e as transformações alcancem os benefícios esperados (Cicarne, 2016).

Enquanto o fato de se fundamentar em pastagens resulta, por um lado, em vantagem comparativa por viabilizar custos de produção relativamente baixos por outro, a utilização exclusiva dessa fonte de alimentação tem, nesse momento em que as competitividades por preço e por qualidade de produto impõem mudanças no setor, se apresentado bio economicamente inviável em muitas situações. Isso é agravado, principalmente, pela forma como essas pastagens são manejadas (Marion, 2007).

Segundo, Caio Padro JR. (1945), a pecuária de corte é uma atividade que está dividida em criação de gado comercial e elite (gados melhorados geneticamente), sendo que a primeira tem como principal objetivo a produção de carne bovina de qualidade para a alimentação humana, além de fornecer matéria-prima para a indústria farmacêutica, de cosmético, de calçado, de roupas, de rações, entre outras. Já a criação de gado elite, tem como foco central

a produção de matrizes e reprodutores para a criação de gado comercial e elite.

Existem basicamente três tipos de sistema de produção de gado bovino, sendo eles: extensivo, semi-intensivo e o intensivo, de acordo com Euclides Filho (2000) entende-se por sistema de produção de gado o conjunto de tecnologias e práticas de manejo, bem como o tipo de animal, o propósito da criação, a raça ou agrupamento genético e a região onde é desenvolvida.

### **2.2.1 Sistema extensivo**

Mantém a criação exclusivamente a campo, aproveitando ao máximo os recursos naturais, com economia de equipamentos, instalações e mão-de-obra. Nesse sistema o gado tem alimentação direto na pastagem natural. É um sistema que é adotado em gado comum ou cruzados, em grande escala, visando-se a criação de novilhos para o abate. Os melhoramentos introduzidos, sem modificar o caráter do regime, são simplesmente para favorecer a criação de um gado de mais valor e mais exigente (Anualpec 2009).

No sistema extensivo os animais são criados soltos em grandes espaços de pastagem, sem alimentação suplementar, com isso leva mais tempo para o gado ficar no ponto de abate. Em razão de serem criados em grandes extensões há uma intensa movimentação desses animais prejudicando assim o ganho de peso (Santos, Marion, Segatti, 2008).

Costa, Oliveira e Faquin (2006) afirmam que o sistema ideal de pastagens é aquele que permite maximizar a produção animal, sem afetar a persistência das plantas forrageiras, possibilitando dessa forma um equilíbrio entre o ganho de peso vivo e a capacidade de sustentação da pastagem. Assim, para que esse sistema de exploração seja eficiente, é fundamental o conhecimento do criador

quanto ao manejo do gado, considerando lotação capacidade de encabeçamento nos diferentes tipos de pastagens (natural ou artificial/cultivada).

O sistema extensivo caracteriza-se por: utilização dos recursos naturais (algumas vezes de forma extractivista); a maioria das propriedades rurais se encontra longe dos centros consumidores; animais cruzados (azebuados); produção e/ou produtividade baixa; sem ou com planeamento alimentar, profilático ou sanitário; controle de produção e reprodutivos inadequados ou inexistentes; instalações inadequadas, muitas vezes somente o curral de manejo; pasto constituídos de plantas nativa; a utilização de suplementos alimentares quase inexistente (Oliveira, 2008).

Tipo de pastagem: a composição química e espécie forrageira também devem ser levadas em consideração para a formulação dos minerais. Geralmente, as gramíneas adaptadas a solos de baixa fertilidade, como a do gênero *Brachiaria*, apresentam composição mais pobre em minerais. Como consequência, os animais que dependem exclusivamente dessas gramíneas precisam receber misturas mais completas (maior número de minerais) e mais ricas (altas concentrações de minerais). Por outro lado, as do gênero *Panicum*, exigentes em solos de alta fertilidade, exibem composição mineral mais adequada às necessidades dos animais, logo as misturas minerais podem ser mais simples (Valle; Andreotti; Thiago, 1998).

### **2.2.2 Sistema semi-intensivo**

Tem menos aproveitamento dos pastos naturais e exige mais Instalações, mais trabalho, sendo destinado a um tipo de gado mais aperfeiçoado. Em geral, os animais são mantidos no estábulo durante algumas horas, para receberem



ração e outros alimentos e, após, são soltos em pastoreio rotacional com boa pastagem e água. É um sistema também muito usual, principalmente em zonas suburbanas, ao redor de grandes centros, onde as áreas disponíveis são reduzidas, ou mesmo nas regiões coloniais, onde as terras em sua maior proporção são utilizadas para a agricultura (Rodrigues, 2014).

Nesse sistema os animais são mantidos parte do tempo soltos e parte do tempo confinados. Nesse sistema são usadas tecnologias como alimentação balanceada, sal mineral nos comedouros, desparasitação, à noite eles podem ficar fechados recebendo ração. Esses animais alcançam peso mais rápido para o abate, em comparação com os criados no sistema extensivo (Marion, 2007).

Esse sistema se caracteriza por propriedades rurais especializadas, podem ou não estar próximas a grandes centros; alimentação com base em pastos, mas com utilização de suplementos minerais e concentrados; técnicas de conservação de forragens vinculadas à fase de engorda; controle zootécnico e profilático; processos modernos de criação (em que utiliza gestão agropecuária, de biotecnologias de reprodução e de maquinários e de insumos); emprego de maiores investimentos por unidade de terra, quando comparado com o extensivo: contabilização do trabalho/ha; os funcionários são mais capacitados; as pastagens são exóticas e, algumas vezes, com manejo apropriado do pastoreio e da pastagem e em alguns casos utiliza a integração lavoura pecuária; a suplementação alimentar concentrada pode ocorrer ao longo do ano, ou em parte do ano (estacionalidade de produção forrageira), no entanto a suplementação mineral ocorre ao longo do ano (Oliveira, 2008).

### **2.2.3 Sistema intensivo**

Esse sistema em relação aos outros, se caracteriza principalmente pelo emprego de maior capital e mais trabalho em relação à área. A alimentação básica constitui-se de forrageiras e complementos à base de rações e concentrados (Anualpec 2009).

O sistema intensivo consiste na formação de pastagens artificiais devidamente adubadas e irrigadas. Tanto na melhoria de alimentação, arraçãoamento, sal, minerais etc., associando pasto mais suplementação, ou pasto mais confinamento, quanto as questões de medidas sanitárias pela aproximação do curral com o rebanho e na introdução de novas raças produtivas conforme cada região, substituindo os gados nativos (Marion, 2007).

De acordo com Cardoso (1996), consiste em confinamento o sistema de criação de bovinos em que os lotes de animais são encerrados em cercas ou currais com área restrita, sendo que os alimentos e a água necessários são fornecidos através da utilização de cochos. Dentre as vantagens do confinamento destacam-se a minimização da idade de abate do animal, elevação do ganho de peso e flexibilização da produção, contudo, esse sistema de exploração apresenta custos elevados para ser implantado e desenvolvido.

O sistema intensivo caracteriza-se por propriedades rurais altamente especializadas, geralmente estão próximas a grandes centros, onde o preço da terra é alto; necessidade de planejamento dos recursos alimentares, sanitários, produtivos e reprodutivos, administrativos, entre outros; há adoção do sistema de confinamento, que pode ocorrer logo após o desmame; devido à elevada produtividade, há emprego de alimentos concentrados e minerais; o manejo

geral dos animais é mais detalhado; o manejo sanitário é mais complexo; de maneira geral os custos de produção são mais elevados; Mão-de-obra especializada, com a necessidade de especialistas nas áreas que circundam o sistema de produção de carne; quanto as características genéticas dos bovinos, esta pode ter base zebuína, mas também pode ocorrer maior utilização de animais de origem europeia, essa variação é dependente do objetivo da produção, que geralmente está associada ao mercado consumidor final (Oliveira, 2008).

### **2.3 Tecido muscular**

A carne é composta de quatro tipos de tecidos: tecido muscular, tecido conjuntivo, tecido epitelial e tecido nervoso. O principal componente da carne é o músculo, que é dividido em músculo estriado, esquelético ou voluntário, em músculo liso ou involuntário e em músculo cardíaco. O músculo esquelético é o mais importante dos três, do ponto de vista alimentar, em razão de sua maior quantidade na carcaça e seu valor econômico (Luchiari Filho, 2000a).

O músculo esquelético é formado por feixes de fibras musculares recobertos por tecido conjuntivo composto, sobretudo, de colagénio. A fibra da célula muscular é a unidade contrátil do tecido muscular. São células longas e multinucleadas de comprimento e diâmetro variáveis, podendo atingir o comprimento de 34 cm, embora tenham somente 10 a 100 µm de diâmetro (Walls, 1960; Ordóñez et al., 2005). Em animais saudáveis, os diâmetros das fibras musculares diferem de um músculo para outro e entre espécies, raças e sexos (Hammond, 1932; Joubert, 1956).

## 2.4 Composição química

Lisossomas e mitocôndrias também são estruturas localizadas na fibra muscular, sendo os lisossomas portadores de grande variedade de enzimas importantes na bioquímica muscular, e as mitocôndrias portadoras de enzimas relacionadas com processos oxidativos da fibra (Swatland, 1984).

O tecido muscular é composto por 75 a 85% de água, 16 a 22% de proteína, 1 a 13% de gordura, 1,5% de substâncias nitrogenadas não proteicas (nucleosídeos, creatina etc.), 1% de carboidratos e 1% de minerais (Pardi et al., 1995). A composição da carne depende da espécie, podendo variar amplamente dependendo de diversos fatores, como idade, sexo, alimentação e zona anatômica estudada.

As proteínas da carne são, essencialmente, muito similares em todos os animais de abate, podendo ser classificadas, segundo sua solubilidade, em três grandes grupos: proteínas miofibrilares, sarcoplasmáticas e insolúveis. As proteínas miofibrilares são representadas pela actina, miosina, actomiosina (associação actina/miosina), tropomiosina, troponina, actininas, proteínas C e M. São proteínas que formam os miofilamentos grossos e finos que constituem a miofibrila. Representam 52 a 56% das proteínas musculares (Sgarbieri, 1996). A actomiosina constitui a maior parte das proteínas fibrilares existentes no músculo post mortem, resultando num estado de rigidez e de relativa inextensibilidade muscular após a morte dos animais e o estabelecimento da rigidez cadavérica (rigor mortis). No animal vivo, as pontes de actina e miosina são transitórias, pois durante a fase de relaxamento do ciclo de contração estas pontes são rompidas (Luchiari Filho, 2000b).

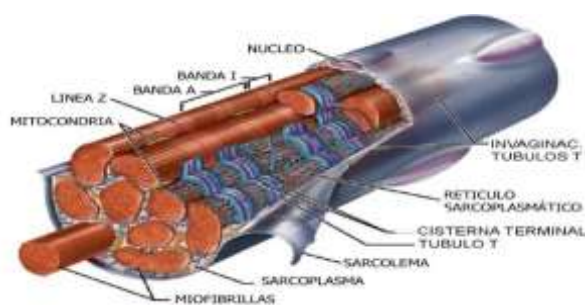
As proteínas sarcoplasmáticas representam cerca de 30 a 35% do total das proteínas. Pertencem a esse grupo os dois principais tipos de proteínas: o primeiro, composto de enzimas, e o segundo, de substâncias que participam da cor da carne, como a mioglobina e pequenas quantidades de hemoglobina (Sgarbieri, 1996).

As proteínas insolúveis ou do estroma, conhecidas também como proteínas do tecido conjuntivo, constituem as fibras extracelulares de colagénio, elastina e reticulina que, por sua vez, fazem parte do tecido conjuntivo típico que recobre as fibras e os feixes musculares. Correspondem de 10 a 15% de toda proteína dos músculos esqueléticos. O colagénio é a proteína mais abundante nos animais de abate, podendo atingir 30% do total de proteínas corporais nos indivíduos adultos (Sgarbieri, 1996).

## **2.5 Estrutura**

As fibras musculares (Figura 1) são constituídas de uma membrana externa (sarcolema), que regula a entrada e saída de determinadas substâncias na fibra muscular, e de um citoplasma diferenciado (sarcoplasma), cuja principal função é reter ou libertar cálcio na fibra muscular, que faz parte da regulação da contração muscular. O tecido conjuntivo entre as fibras musculares individuais é denominado endomísio (Purslow; Trotter, 1994), a bainha que circunda os feixes das fibras musculares é denominada perimísio (Rowe, 1981) e o tecido conjuntivo em todo músculo e ao seu redor é conhecido como epimísio (Purslow, 2005).

Figura 1. Desenho esquemático da fibra muscular



Fonte: <https://www.iespe.com.br/blog/o-musculo-e-suas-estruturas-parte-2/>

O tecido muscular é composto basicamente por três tipos de fibras musculares: Tipo I - oxidativas de contração lenta (vermelhas e aeróbicas), Tipo II A - glicolíticas de contração rápida (brancas e anaeróbicas) e Tipo II B - intermediárias de contração rápida (oxidativas glicolíticas), que possuem características intermediárias às fibras vermelhas e brancas. As fibras do tipo II A são fibras grandes para uma grande força de contração, possuem retículo sarcoplasmático muito extenso para a rápida liberação dos íons cálcio para desencadear a contração, grande quantidade de enzimas glicolíticas para a rápida liberação de energia pelo processo glicolítico, suprimento de sangue menos extenso e menor número de mitocôndrias devido ao metabolismo oxidativo ter importância secundária. As fibras do tipo I são fibras menores inervadas por fibras nervosas pequenas, possuem o sistema dos vasos sanguíneos e dos capilares mais extensos para suprir quantidades extras de oxigênio, um número de mitocôndrias muito elevado para dar suporte aos altos níveis de metabolismo oxidativo, e as fibras contêm grande quantidade de mioglobina, que se combina com o oxigênio e o armazena até que ele seja necessário. A mioglobina dá ao

músculo lento sua aparência avermelhada (Ashmore; Doerr, 1971; Guyton; Hall, 2006).

As miofibrilas são estruturas que se encontram exclusivamente no interior da fibra muscular, sendo elementos contráteis responsáveis pela aparência estriada do músculo-esquelético. Em seu interior, há várias bandas facilmente observáveis, chamadas A, I e linha Z. A unidade da estrutura muscular é o sarcômero, delimitado por duas linhas Z. O sarcômero é a unidade básica repetitiva da miofibrila, assim como a unidade básica na qual ocorrem os ciclos de contração e relaxamento (Lawrie, 2005).

## **2.6 Fatores de produção que afetam a qualidade da carne**

A qualidade final da carne bovina resulta do que aconteceu com o animal durante toda a sua cadeia produtiva, ou seja, os fatores de produção exercem influências sobre o bovino, com isto a carne do mesmo será afetada (Alves et al., 2006).

A qualidade da carne bovina é definida de acordo com suas propriedades físico-químicas (ternura, sabor, cor, odor e suculência), sendo que estas propriedades são determinadas pelos muitos fatores inerentes ao indivíduo (genética, idade, sexo), ao clima (radiação solar, temperatura, umidade), à herdade de origem (manejo alimentar), transporte, manejo pré-abate, abate e pós-abate (Costa, 2013).

### **2.6.1 Idade e peso**

A idade do animal influencia diretamente na ternura da carne, pois com o aumento da idade dos animais, aumentam-se o número de ligações cruzadas intra e entre as moléculas do colagénio, com isto a carne se torna mais dura

(Bridi, sd). O bezerro tem uma carne rosa-pálido e pouco saborosa, já o bovino velho possui a carne vermelho-escura, dura, recoberta por gordura espessa, pouco saborosa e com cheiro forte (Vasconcellos, 1993). O autor ainda ressalta que a carne é somente de qualidade quando é formada no animal de média idade. Segundo Fernandes & Barros (2009), o peso do animal é um importante fator que implica na quantidade de gordura presente na carcaça, em que o excesso de gordura pode afetar a qualidade do produto final. Entretanto, conforme esses autores, é necessário uma certa quantidade de gordura na carcaça, para que a carne tenha boas características sensoriais.

### **2.6.2 Alimentação**

As proteínas, lípidos, glúcidos, cálcio, minerais, vitaminas e água são elementos que devem compor a dieta do gado de corte, em diferentes quantidades e combinações, para que eles possam desempenhar todas as atividades vitais e manterem-se saudáveis (Oliveira, 2012). O uso de alimentação inadequada comprometerá a competitividade do sistema de produção e poderá resultar em animais que não atendam aos padrões requeridos pelas cadeias produtivas de carne bovina, que são norteadas pela qualidade do produto final (Filho; Corrêa; Euclides, 2002).

Segundo Nascimento et al. (2012), os animais criados no sistema a pasto apresentam carne mais escura, quando comparada aos animais criados em confinamento, isto devido nos confinamentos os animais serem alimentados por produtos volumosos, sendo esses a principal fonte de energia. Os autores ainda ressaltam que os bovinos terminados a pasto são abatidos com pesos mais baixos, contudo, essas carcaças muito magras levam ao encurtamento pelo frio



e tem a maciez reduzida.

## **2.7 Maturação da carne**

Uma das mais importantes características organolépticas observadas pelo consumidor é a ternura, uma característica determinante da qualidade da carne (Lage, et al., 2009).

A maturação é um processo de tenderização (redução da dureza) da carne que ocorre após o rigor mortis, durante a conservação em refrigeração. Assim, a carne maturada pode ser definida como uma resultante do processo que consiste em manter a carne refrigerada sob temperatura próximas de 0°C por um período suficiente para torná-la não apenas mais tenra, como também melhorar outras qualidades organolépticas inerentes, como por exemplo, o sabor (Kubota et al., 1993; Lawrie, 1985; Puga et al., 1999; (Warren & Kastner, 1992). A maturação da carne tornou-se essencial nos serviços de distribuição para atender à procura e expectativa de se consumir um alimento excepcional (Laster et al., 2008).

Segundo Puga et al. (1999) a maturação consiste em armazenar a carne em embalagens ao vácuo (sem oxigênio) em temperaturas entre 0 -1°C por um período de 15 dias. A necessidade de embalagem a vácuo visa o retardamento do crescimento de bactérias aeróbicas putrefativas e favorece o crescimento de bactérias lácticas, que, por sua vez, produzem substâncias antimicrobianas.

Uma técnica para a preparação da carne maturada segue os seguintes passos (Kubota et al., 1999):

- 1) Retira-se com cuidado as gorduras, tendões da superfície das peças;

- 2) Embalamento ao vácuo, com filme termoencolhível;
- 3) Manter em refrigeração entre 0-4°C, durante 15-21 dias.

Segundo Kubota et al. (1999), a vida de prateleira da carne maturada é ao redor de 30 dias, se mantida em refrigeração. A coloração de carnes maturadas permanece modificada, o tempo que permanecer embalada a vácuo, mas voltando ao normal quando retirada da embalagem. Essa diferença de coloração (vermelha-enegrecida) é devido à formação da meta mioglobina, resultante da falta de oxigênio. Quando a carne é exposta ao ambiente (oxigênio) a meta mioglobina é transformada em oximioglobina e a coloração retorna ao vermelho-vivo.

Apesar da fase de maturação ter sido frequentemente encarada como a fase final da transformação do músculo em carne (fase de post-rigor mortis), que consiste na hidrólise de algumas proteínas musculares por ação enzimática, tendo como consequência, em termos alimentares, uma melhoria da tenrura e do desenvolvimento do flavour, atualmente, tal não se considera totalmente adequado porque, de fato, por maturação é comumente entendida a prática de armazenamento da carne não processada, acima do seu ponto de congelação (-1,5°C), (Lawrie, 1998). Muito embora a velocidade de maturação se encontre diretamente relacionada com a temperatura de acondicionamento, a maturação efetua-se normalmente a temperaturas habituais de refrigeração (entre 0 e 4°C), por razões de higiene microbiológica (Prates, 2000). Optam-se por estas temperaturas de armazenamento porque temperaturas elevadas, apesar de diminuir o tempo de maturação, estão relacionadas com o aparecimento precoce de putrefação.

A humidade relativa apresenta-se como um fator de extrema importância na maturação da carne. Se esta se encontrar demasiado elevada, poderá existir proliferação bacteriana que resulte em odores e sabores desagradáveis. Se esta for demasiado baixa, poderá ocorrer desidratação excessiva do produto. Os valores recomendados encontram-se entre os 75 e 85% (Savell, 2008).

O tempo de maturação utilizado dependerá essencialmente do produtor. Contudo, períodos de maturação superiores a 14 dias são suficientes para obter as características de uma carne maturada. No entanto, considera-se o período de 14 a 35 dias como o mais utilizado no que toca à maturação a seco (Savell, 2008).

Há vários fatores que influenciam a tenrura da carne, destacando-se: a idade ao abate (animais abatidos numa idade mais jovem apresentam uma carne mais macia relativamente aos mais velhos), raça, dieta, atividade física, entre outros. Por isso, a maturação da carne apresenta-se como um fator importante no melhoramento das características organolépticas da mesma (Lage, et al., 2009).

### **2.7.1 Mecanismo da maturação**

O aumento gradual da tenrura da carne observado após o estabelecimento do rigor mortis, aceita-se, de modo geral, que é devido à proteólise por enzimas endógenas (Koochmaraie, 1988 e Dransfield, 1994).

Segundo Toldrá et al., (1995), a maturação é um sistema envolvido na proteólise muscular gerando diversas alterações bioquímicas que ocorrem no músculo-esquelético após a morte do animal e várias enzimas, presentes naturalmente no músculo.

Durante o processo de proteólise ocorrem alterações químicas e estruturais como a degradação da linha Z, da desmina, da titina e nebulina e o desaparecimento de troponina-T, resulta no aparecimento de polipeptídeos de peso molecular de 95 e 28 - 32 kDa (não a degradação dos miofilamentos actina e miosina), que vão influenciar a tenrura da carne durante a maturação (Koochmaraie, Schollmeyer & Duston 1986, Goll et al. 1992, e Koochmaraie, 1992).

Segundo Koochmaraie (1994), os sistemas proteolíticos com potencial para estar envolvidos com a proteólise que ocorre na carne são: as calpaínas (I e II), catepsinas lisossomais e o complexo proteinase multicatalítico (MCP). Contudo, nem todas as enzimas citadas desempenham comprovadamente um papel significativo quanto à maciez da carne. Há evidências científicas comprovam que as proteases dependentes de  $Ca^{2+}$ , denominadas calpaínas, são responsáveis pela maioria do, se não praticamente todo, aumento de tenrura que ocorre no músculo post mortem submetido a temperaturas entre 2 e 4°C (Goll., 1991).

O papel das catepsinas lisossomais é inconsistente: apesar de haver estudos suportando o possível efeito dessas enzimas no aumento da tenrura do músculo (Ouali, 1990) outros autores apresentam evidências de que ela não apresenta atividade proteolítica relevante (Goll, 1991; Koochmaraie, 1988). A função do complexo proteinase multicatalítico (MPC) ainda não é completamente compreendida (Toldrá, Flores & Aristoy, 1995) e acredita-se que ele desempenha papéis significativos em diversos processos incluindo o ciclo celular, apresentação de antígenos e proteólise intracelular (Rechster, Hoffman & Dubiel, 1993). No entanto, existem experiências que indicam que o MPC não tem papel significativo no processo proteolítico que culmina no aumento da maciez da

carne (Koohmaraie, 1994).

A proteólise que ocorre durante o período post mortem envolve quatro componentes chaves: íons cálcio, calpaína I, calpaína II e calpastatina e sofre grande influência de duas características: pH e temperatura. A proteólise é mais intensa em temperaturas mais altas com maior atividade da enzima calpaína I e, conforme o pH post mortem da carne se reduz, a enzima calpaína I tem sua atividade diminuída enquanto a calpaína II realiza a proteólise. O aumento inicial da tenrura post mortem durante as primeiras 24 horas é causado pela enzima calpaína I, ativada pelo aumento da concentração cálcio nas células musculares e, conforme o pH da carne diminui, ocorre uma queda da atividade de calpaína I, chegando a perder aproximadamente 60% de sua atividade quando o pH chega a 5,7, enquanto a atividade da calpaína II se mantém com o pH baixo durante um período mais prolongado apresentando, assim, um papel importante no aumento da maciez durante a maturação (Dransfield, 1993) (Figura 2).

Contudo, há alguns autores que questionam a participação da enzima calpaína II no processo de proteólise das proteínas miofibrilares, uma vez que a quantidade de íons cálcio necessária para a ativação da enzima não é atingida na célula muscular (Koohmaraie, 1988 e Lamare et al., 2002).

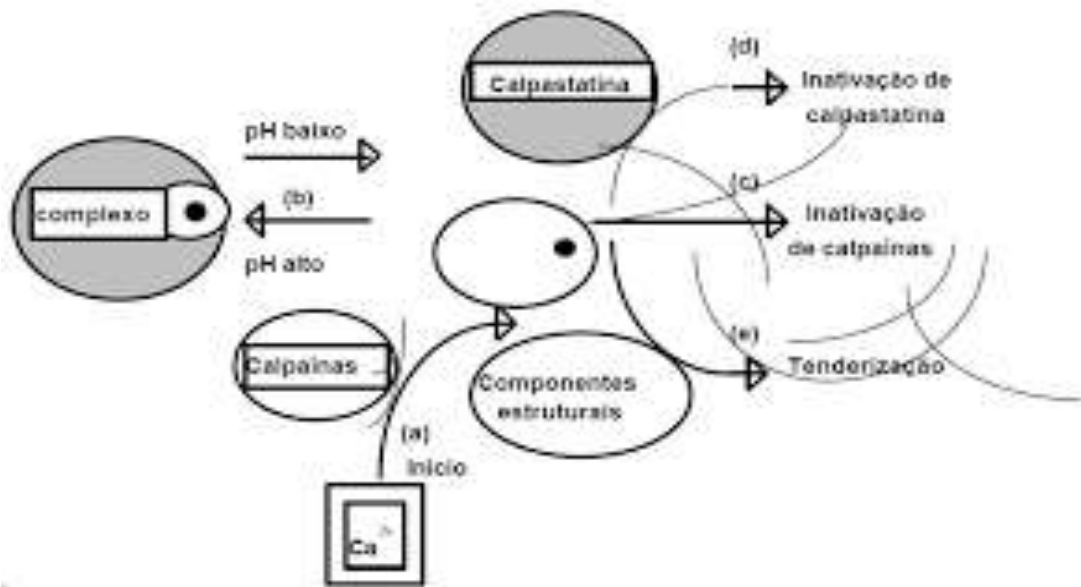


Figura 2. Modelo com etapas da ativação das calpaínas e amaciamento da carne

Iniciação (a): as calpaínas são ativadas pelo aumento da concentração de íons de cálcio e entram no sistema de amaciamento. Ligação (b): o equilíbrio da ligação das calpaínas à calpastatina determina o nível de calpaínas livres ativas que aumenta à medida que o pH declina. Inativação das calpaínas ativas livres (c): degradação das calpaínas livres ativas por autólise. Inativação da calpastatina (d): deve-se notar que o modelo não faz distinção entre proteólise por calpaínas do complexo e da calpastatina livre, mas, para maior clareza, somente a inativação da calpastatina livre é exibida. Amaciamento (e): a proteólise dos componentes estruturais por calpaínas provoca o amaciamento da carne. Adaptado de Dransfield (1993).

A atividade proteolítica das calpaínas no músculo do animal vivo é inibida por uma enzima denominada calpastatina (Devine, 2004). O complexo calpaína-calpastatina parece ter um papel importante no crescimento normal do músculo esquelético e em distrofias e outras condições que causam perda de massa muscular (Goll et al., 1992). A queda do pH, durante o *post mortem*, induz a dissociação do sistema calpaína-calpastatina possibilitando, assim, a atividade da calpaína (Cottin et al., 1981, Devine, 2004).

### 2.7.2. Tipos de maturação

Existem dois métodos diferentes para maturação de carne: maturação húmida ou wet aging e maturação a seco ou dry aging (Ahnström et al., 2006, Campbell et al., 2001).



Figura 3. Maturação a seco e húmida

#### ***Wet aging (maturação húmida)***

O método de maturação mais comumente usado é a maturação húmida que consiste em acondicionar cortes cárneos desossados em embalagens a vácuo apropriadas (com elevada barreira contra vapor de água e oxigénio) e mantê-las sob refrigeração (Smith et al., 2008).

Este método de maturação se tornou popular uma vez que apresenta grandes vantagens em relação à maturação a seco como, por exemplo, menor quebra de peso e maior praticidade (Warren & Kastner, 1992). Este método de maturação, consiste na colocação das peças de carne, desossadas, numa embalagem a vácuo, protegendo a carne contra o oxigénio e o vapor de água. Apresenta vantagens no que respeita ao rendimento da carne (dado que as

peças não sofrem desidratação, ou sofrem desidratação mínima). É ainda um método prático no que toca ao armazenamento e transporte (Smith, et al., 2008).

Não é necessário um controlo da humidade relativa e da velocidade do ar, dado que o produto se encontra embalado a vácuo. O vácuo permite a existência de perdas insignificantes pela desidratação e a existência de um ambiente anaeróbio, responsável pelo prolongamento de vida de prateleira deste produto (U.S. Meat Export Federation, s.d.).

### ***Dry aging* (maturação a seco)**

*Dry aging* ou maturação a seco é um procedimento que envolve armazenar carcaças inteiras e/ou cortes cárneos em câmaras refrigeradas com humidade controlada sem uso de nenhuma embalagem (Sitz et al., 2006). Embora a maior parte da carne maturada consista em produtos obtidos pela maturação húmida, os fornecedores de carne maturada a seco relatam que o desenvolvimento de sabor particular é o principal motivo para a produção desse produto (Ahnström et al. 2006; DeGeer et al., 2009).

As carnes maturadas por este processo apresentam, na maioria das vezes, uma maior desidratação superficial, sendo necessária a remoção dos fragmentos externos da peça (devido à elevada desidratação superficial), o que resulta num maior custo de produção (Viella, 2016; Imazaki et al., s.d; Dashdorj et al., 2016). A carne sofre maior taxa de perda de peso devido à perda de humidade durante a maturação, mas também devido à remoção das aparas (consistindo da retirada das superfícies ressecadas da peça) causando o aumento dos custos de produção e, conseqüentemente, do preço final da carne (Stenström et al., 2014; Parrish et al., 1991). As perdas de peso decorrentes da



perda de humidade durante a maturação a seco variam normalmente entre 9 e 15%, enquanto as perdas devido a maturação húmida variam entre 0,7 e 3%. As perdas decorrentes das superfícies ressecadas (aparas), nas carnes maturadas a seco, podem chegar a 24% (Dikeman et al., 2013; Kim et al., 2016; Li et al., 2014; Smith et al., 2008 e Warrem & Kastener, 1992; Laster et al., 2008).

Tanto os preços de venda como os custos de produção são superiores ao utilizar este método de maturação. Assim sendo, torna-se necessário utilizar somente peças de primeira qualidade e com um bom marmoreado, na maioria das vezes provenientes de animais criados em extensivo e alimentado a pastagem (dado que apresentam um maior teor de gordura) (Dashdorj et al., 2016).

Dado o elevado preço ao consumidor destes produtos, a venda está direcionada para nichos de mercado, não sendo universalmente praticado (Dashdorj et al., 2016).

### **Novas Técnicas**

Uma nova técnica tem sido desenvolvida de forma a melhorar este processo. Esta consiste na utilização de sacos permeáveis ao vapor de água (saco de maturação a seco), que permitem aumentar a qualidade destes produtos relativamente ao método tradicional (sem qualquer tipo de empacotamento). É expectável que as peças apresentem as mesmas características sensoriais que a maturação a seco tradicional, mas possuam um menor tempo de maturação, menor risco de contaminação, menos perdas por aparas e sejam menos exigentes ao nível do controlo ambiental (Li, 2013).

## **Comparação entre os métodos de maturação**

O método de maturação a seco é conhecido por melhorar o sabor da carne, gerando um produto de sabor único e distinto em relação à carne maturada por maturação húmida (Li et al., 2014; DeGeer et al., 2009). Um sabor de característico de carne “assada” tende a ser atribuído à carne maturada a seco, enquanto que a carne de maturação húmida é conhecida por apresentar sabores a “sangue” e “ferro”, considerados menos desejáveis (Campbell et al. 2001; Warren & Kastner, 1992). Segundo Li et al. (2014), as carnes maturadas húmidas apresentaram um sabor metálico mais intenso quando comparado com produtos submetidos a maturação a seco.

A maturação a seco permite a concentração do sabor da carne, sendo este considerado superior ao da carne maturada pela maturação húmida (Viella, 2016; Dashdorj et al., 2016).

Investigadores têm mostrado resultados variados quanto ao desenvolvimento de sabor diferenciado da carne maturada a seco em relação à maturação húmida, sendo que alguns deles confirmam essa diferença (Stenström et al., 2014; Li et al., 2014; Warren & Kastner, 1992) e outros não (Laster et al., 2008; Parrish et al., 1991). Estas experiências procuraram discernir as diferenças entre carnes de maturação a seco e húmida por meio de análises sensoriais.

Os trabalhos de Stenström et al. (2014) e Laster et al. (2008) apresentam resultados de testes sensoriais de preferência com consumidores. Segundo Stenström et al. (2014), os consumidores foram capazes de distinguir amostras dos dois tipos de maturação. Os estudos de Li et al. (2014), Warren & Kastner

(1992) e Parrish et al. (1991), por outro lado, utilizaram provadores treinados para avaliar as características sensoriais das amostras: ternura, suculência, intensidade de sabor, preferência de sabor e palatabilidade geral. A avaliação foi feita com uma escala descritiva de 8 pontos. Os resultados de análise sensorial revelaram que a carne de maturação húmida foi melhor classificada para a ternura e palatabilidade geral. Além disso, nesse mesmo estudo, foi realizado o teste de preferência com consumidores, mas não houve preferência ( $P > 0,05$ ) entre as amostras de maturação húmida e a seco.

Os trabalhos realizados por Warren & Kastner (1992) e Li et al. (2014) com provadores treinados para avaliação dos atributos de sabor metálico e carne assada mostraram que os provadores foram capazes de diferenciar sensorialmente amostras de maturação húmida e a seco atribuindo às amostras maturadas a seco maior sabor de carne “assada” do que as amostras de maturação húmida que, por sua vez, apresentaram os sabores azedo, metálico e de sangue mais intensos do que as amostra maturadas a seco.

De acordo com os resultados obtidos por Li et al. (2014) os provadores atribuíram à carne maturada a seco gosto e sabor característico de carne frita na manteiga mais intensos e à carne de maturação húmida um sabor metálico mais intenso de forma similar ao relatado por Warren & Kastner (1992).

As análises sensoriais com provadores treinados são, aparentemente, mais eficazes em diferenciar características específicas de carnes maturadas pelos métodos húmido e a seco de acordo com o que foi observado nos trabalhos de Warren & Kastner (1992) e Li et al. (2014) uma vez que as provas de preferência com consumidores apresentaram resultados variados entre métodos

de maturação (Parrish et al., 1991; Laster et al., 2008).

### **2.7.3 Efeito da maturação**

#### **2.7.1.1 pH**

Segundo Feiner (2006), o pH é a medição da quantidade do íão de hidrogénio ( $H^+$ ) na solução, sendo definido como o negativo do logaritmo de base 10 da concentração de iões hidrogénio [ $H^+$ ].

A velocidade de queda do pH, bem como o pH final da carne 24 a 48 h após o abate são muito variáveis. Em bovinos, a glicólise desenvolve-se lentamente e o pH inicial ronda os 7,0, caindo para os 6,4 a 6,8 em 5 horas. Ao fim de 24 horas, o pH atinge valores entre 5,5 e 5,9 (Roça 2000). Neste intervalo muitos microrganismos são inibidos, principalmente os proteolíticos. Valores finais de pH superiores podem comprometer a conservação da carne (Daley et al., 1996).

Verifica-se que um pH próximo da neutralidade, isto é, entre 6,5 e 7,5 é o mais favorável para o desenvolvimento da maioria dos microrganismos. Os bolores e as leveduras desenvolvem-se melhor em substrato com valores de pH mais baixos (Franco & Landgraf 1996).

Segundo Tarrant et al. (1992), inúmeros fatores são responsáveis pelo esgotamento do glicogénio, como o stress durante o transporte, as restrições na dieta, a mistura de animais de diferentes proveniências e os fatores climáticos. A diminuição substancial nas reservas de glicogénio dará origem a uma carne com um pH elevado.

O transporte de animais com duração inferior a 4 horas apresenta uma influência mínima no pH, desde que sejam garantidas boas condições durante esse período de tempo (Grandin, 2007).

Estudos efetuados por Moore & Gill (1987), Boakye & Mittal (1993), Braggins (1996) e Doherty et al. (1996), citados por Shahidi (2004) comprovaram que a carne embalada em vácuo e armazenada a -1,5 °C por períodos prolongados leva a uma elevação contínua do pH.

A determinação de pH é utilizada, inúmeras vezes, para avaliar a qualidade da carne fresca, pelo facto desta ser uma medida objetiva e bastante fiável (Araújo, 2014).

O pH desempenha um papel muito decisivo na qualidade exibida pela carne, pois influencia características às quais os consumidores dão elevado ênfase, como: cor, textura e suculência. Para além das características supra mencionadas, o pH interfere com a conservação da carne, capacidade de retenção de água e propriedades tecnológicas (Matos, 2013; Araújo, 2014).

O pH tem um papel determinante no que respeita ao crescimento microbiano, sendo que a acidificação da carne bovina é considerada uma excelente barreira à deterioração (Sigarini, 2004).

A diminuição dos valores pH no músculo demora entre 15 a 36 horas, no caso concreto dos bovinos (Costa, 2013). Como mencionado acima, o pH final da carne é diretamente dependente da quantidade de glicogénio existente no músculo (Matos, 2013).

Tal como já foi mencionado, se um animal ficar sujeito a stresse prolongado, isso pode levar a que se esgote o glicogénio muscular, mesmo antes

do abate, o que resultará numa menor quantidade de ácido láctico formado posteriormente. Quantidades de glicogénio muscular inferiores a 0,6 % dificultam o declínio de pH post mortem, o que faz com que o pH final seja superior a 6,0 (Miller, 2007). Com estas quantidades de glicogénio, a desnaturação proteica da carne será inferior ao normal, e por consequência, o músculo torna-se uma estrutura translúcida e fechada, que passa a absorver a luz em vez de a refletir, fazendo com que a carne exiba uma coloração escura relativamente ao normal (Warriss, 2010; Miller, 2007).

O pH tem um papel importante no que respeita ao crescimento microbiano e enzimático; neste sentido, o pH final da carne será significativo para determinar a sua resistência à deterioração. As enzimas bacterianas proteolíticas operam melhor para valores de pH próximos de 7,0 (Pinho, 2009).

No entanto, as enzimas responsáveis pelo “ataque” aos hidratos de carbono tendem a atuar de forma mais vigorosa para valores de pH inferiores a 6,0; as bactérias lácticas têm pH ótimo entre 5,5-6,0 (Lawrie, 1998). A comunidade científica adotou que a medição de pH se deveria realizar 24 horas post mortem e que esta medição seria denominada de pH ultimate (pHu). Existem estudos científicos que evidenciam que a partir de uma determinada concentração de glicogénio o valor de pH não 35 diminui mais (Costa, 2013).

Segundo Sahlin (1978) quando o pH desce para valores inferiores a 5,4 resulta na inativação das enzimas, o que leva à interrupção das reações enzimáticas.

O pH da carne bovina é um parâmetro que é influenciado por inúmeros fatores, de entre os quais se destacam: espécie, genética, sexo e idade do

animal, conformação da carcaça, tipo de músculo, variabilidade entre animais e temperatura (Lawrie, 1998).

### **2.7.1.2 Capacidade da retenção da água**

Durante a maturação, a degradação do citoesqueleto da célula muscular aumentaria a capacidade de retenção de água da carne devido à remoção de conexões intermiofibrilares e dos costâmeros, reduzindo ou eliminando, dessa forma, a ligação entre o encolhimento lateral das miofibrilas induzido pelo rigor e o encolhimento da fibra muscular inteira (Kristensen & Purslow, 2001). Pode ser relacionado com a degradação da desmina, uma das proteínas estruturais da célula muscular, uma vez que, quando intacta, essa proteína ajudaria a transferir o encolhimento das fibras miofibrilares para toda a célula forçando a água para fora das miofibrilas (Zhang et al., 2006).

Segundo Straadt et al., (2007), ocorre o aumento da capacidade de retenção de água em carne maturada até 14 dias post mortem após uma queda no período entre 24 e 48 horas e a estabilização até o quarto dia post mortem.

Foi observado um “inchaço” das miofibrilas após 4 dias post mortem (concomitante com o período da maturação em que ocorre o aumento da capacidade de retenção de água) além da distribuição mais homogênea da água após esse período.

A maturação influencia as estruturas secundárias das proteínas aumentando as  $\alpha$ -hélices e diminuindo as estruturas  $\beta$  antiparalelas, estruturas em alça e exposição de tirosina. Tais mudanças parecem diminuir a exposição de resíduos hidrofóbicos das proteínas ao meio aquoso o que, juntamente com o enfraquecimento das restrições impostas pelo citoesqueleto, permite uma troca

água-proteína mais homogênea evidenciada pela distribuição de água mais bem definida no decorrer da maturação (Wu et al., 2006).

### **2.7.1.3 Tenrura**

Lawrie (1977) e Szczesniak (1986) definiram tenrura, ou textura de um alimento, como a manifestação dos seus elementos estruturais à aparência, à mastigação e resistência à aplicação de uma força.

A textura é o primeiro atributo de qualidade avaliado quando se mencionam os aspetos qualitativos procurados na produção da carne bovina (Luchiarri Filho e Moura, 1997). Segundo Coró et al. (1999), a textura é determinante na qualidade e provavelmente a mais importante característica sensorial quando se consome carne, sendo este o fator determinante na aceitação da carne bovina por parte dos consumidores, considerado o atributo mais importante após a compra (Morgan et al., 1991; Boleman et al., 1997; Costa et al., 2002).

Porém, durante muitos anos produziu-se e consumiu-se carne sem preocupação com as funções biológicas do tecido muscular no animal vivo e o quanto isto influenciava a sua qualidade. Somente com a compreensão dos eventos bioquímicos que ocorrem no tecido muscular vivo foi possível perceber que a carne, sendo uma organização complexa de músculo, tecido conjuntivo e gordura, é o resultado final de uma série de reações físico-químicas que ocorrem nestes tecidos a partir do abate, ou mesmo momentos antes, que determinam a qualidade final do produto (Judge et al., 1989).

A textura pode ser explicada pela presença das proteínas do tecido conjuntivo e das miofibrilas. As primeiras são responsáveis pelo aumento da



dureza, com o avanço da idade dos animais, devido à formação de ligações cruzadas (covalentes) entre moléculas adjacentes de colagénio, o que confere aumento gradual da estabilidade e resistência a ataques químicos e tratamento térmico. Já a textura promovida pelos componentes do sistema proteico miofibrilar depende do processamento da carcaça e da carne (Kubota et al., 1993).

O processo de aumento da tenrura da carne não decorre de maneira igual em todos os animais, mesmo nos da mesma espécie. Esta elevada variabilidade no processo tem como consequência resultados inconsistentes na tenrura da carne quando é apreciada pelos consumidores (Koochmaraie et al., 1996). Estudos conduzidos por estes autores colocaram a hipótese de que a diferença na taxa e extensão da maturação post mortem é responsável pela variação na tenrura da carne.

A melhoria da tenrura da carne ao longo da maturação tem sido atribuída à atividade de enzimas proteolíticas no músculo, especialmente as calpaínas, que desempenham um papel chave na degradação de algumas proteínas musculares específicas (Beltran et al., 1997; Huff-Lonergan et al., 1996; Marino et al., 2013). Após o abate, ocorre a interação da miosina e actina, através de ligações que cessam com o esgotamento das reservas de ATP (Hedrick et al., 1994). Atualmente pode-se considerar que existem níveis intermédios de interações miosina-actina e que o aumento da tenrura da carne ao longo da maturação é consequência da ação de enzimas proteolíticas, especificamente das calpaínas, cuja ação sobre as proteínas miofibrilares se inicia no momento do abate do animal (Koochmaraie et al., 1996; Goll et al., 1992).

O aumento da tenrura da carne pode ser atribuído a um processo de duas fases: enfraquecimento da estrutura proteica das miofibrilas e alterações nos componentes do tecido conjuntivo da carne (Nishimura et al., 1998, Warris, 2000). A primeira, mais rápida, onde ocorrem mudanças nos componentes miofibrilares consequência da proteólise, e uma segunda, mais lenta, onde ocorre o enfraquecimento estrutural do tecido conjuntivo intramuscular. No entanto, o processo proteolítico que ocorre durante a maturação não tem qualquer ação sobre o complexo actina-miosina, pois os filamentos finos e grossos continuam firmemente ligados entre si.

A tenrura da carne é afetada por inúmeros fatores, 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, a quantidade e a solubilidade do tecido conjuntivo, o comprimento dos sarcómeros (Roça, 2000; Hedrick et al., 1994).

Os fatores *post mortem* são aqueles relacionados aos processos durante e após o abate como a utilização de estimulação elétrica, arrefecimento da carcaça, estabelecimento do rigor mortis, pH final, potencial proteolítico e degradação miofibrilar durante o processo de maturação, aplicação de substâncias químicas exógenas (cálcio, enzimas) e o aumento da tenrura por meios mecânicos (Lomiwes et al., 2014; Pearce et al., 2011). O tipo tratamento térmico (temperatura e duração) a que a carne é sujeita também afeta consideravelmente a sua tenrura (Yancey et al., 2011).

Alguns autores relataram que a tenrura tem uma relação linear com o pH final na carne bovina (Silva, et al., 1999; LI et al., 2014), enquanto outros verificaram maior tenrura na carne com pH final baixo e alto em carne de pH final

intermédio (Watanabe et al., 1996; Jelenikova, et al., 2008; Pulford et al., 2008; Purchas, 1990; Purchas, Aungsupakorn, 1993). Um estudo recente relatou que a carne mais dura ocorreu em amostras com pH final intermédio na faixa de 5,8 a 6,1 (Lomiwes, et al., 2014).

Segundo Yu e Lee (1986), quando o pH final se encontra próximo da neutralidade há uma maior atividade de enzimas proteolíticas, calpaínas, resultando assim numa importante relação entre pH e tenrura.

À medida que o pH aumenta, a estrutura das proteínas torna-se mais aberta, permitindo maior permeabilidade à água no interior das miofibrila e menos componentes estruturais numa secção transversal. Menos componentes estruturais presentes numa secção transversal exigem menos força de corte e, por conseguinte, aumenta a tenrura da carne Dransfield (1981) e Purchas (1990). No entanto, esta teoria não explica o endurecimento que ocorre a um pH final intermediário. É provável que mais do que um fator contribua para os valores de força de corte mais elevados a pH final intermediário, tal como a combinação de pH e da temperatura necessária para a libertação de cálcio suficiente no sarcoplasma para ativação das calpaínas no músculo post mortem (Koochmaraie, 1992).

O stress pré-abate, decorrente de problemas relacionados com o manejo no transporte e/ou na espera na abegoaria do matadouro até o momento da insensibilização, gera alterações na fisiologia muscular, afetando o processo de transformação do músculo em carne e, conseqüentemente, a tenrura. Como já citado anteriormente, o stresse causa depleção das reservas de glicogénio, interferindo na descida de pH e causando carnes DFD (Immonen et al., 2000).

Essa carne apresenta alterações na capacidade de retenção de água. Apesar de a tenrura não ser diretamente afetada pela capacidade de retenção de água, quando esta interfere na suculência, muda a percepção do consumidor na hora da ingestão. A suculência pode estar relacionada à quantidade de gordura intramuscular e ao pH final da carne (Lomiwes, et al., 2014).

Segundo Felício (1982), a tenrura da carne é definida em duas formas principais: tenrura quando se utilizam medidas físicas de resistência da carne cozinhada submetida à compressão ou ao corte, e tenrura sensorial, quando se utiliza a resistência encontrada na mastigação por provadores e/ou consumidores.

Existem várias formas de medir a tenrura da carne. Quando se utiliza a resistência à mastigação detetada por provadores, tenrura sensorial, ou pode ser quantificada com o uso de aparelhos específicos, os texturómetros, quando se trata de medidas físicas da resistência da carne cozinhada. Neste processo as carnes são submetidas a compressão ou corte e quanto maior a força necessária menor é a tenrura da carne (Felício, 1999). O grau de dureza encontrado na carne é o resultado da soma das contribuições dos componentes estruturais não degradados no processo de maturação, incluindo o tecido conjuntivo, comprimento do sarcómero, quantidade de gordura e água, aliados ainda aos componentes remanescentes que não sofreram ação das calpaínas (Dransfield, 1994).

Para avaliar a tenrura da carne, um dos métodos mais utilizados denomina-se força de corte (Honikel, 1998). Este tem alta correlação com a satisfação dos consumidores e avalia a resistência da deformação ao corte de

uma amostra ao aplicar uma força. Este método associado à classificação de carcaças apresenta alto potencial para predizer a tenrura da carne (Koohmaraie e Geesink, 2006).

Segundo Koohmaraie (1995) a inconsistência na tenrura da carne bovina, do ponto de vista do consumidor, é um dos maiores problemas que desafiam a indústria e a solução desse problema tem sido uma das principais preocupações da indústria da carne. Ainda de acordo com o mesmo autor, a inconsistência na tenrura da carne deve-se a uma combinação da falta de capacidade de produzir rotineiramente carne tenra e, talvez mais importante, falta de capacidade em identificar carcaças que produzam carne dura e classificá-las adequadamente.

#### **2.7.1.4 Cor**

A cor da carne está dependente de vários fatores e é influenciada pelo estado químico dos pigmentos musculares (principalmente a mioglobina) e pelas características físicas da carne. A cor característica da carne resulta predominantemente da interação do oxigênio com a mioglobina no músculo. Como afirma Kropf (1980), a cor da carne não é somente um reflexo da quantidade de mioglobina dos diferentes tipos de fibras musculares dentro do músculo, mas também uma função da exposição da mioglobina ao oxigênio e à luz no ponto de venda e de alterações bioquímicas que ocorrem *post mortem*.

No momento da compra pelo consumidor, o atributo que mais impressiona é a cor da carne (Page et al., 2001). A cor vermelha da carne fresca é um atributo de qualidade importante, utilizado pelos consumidores para avaliar a sua frescura e salubridade, influenciando substancialmente a aceitabilidade e decisão de compra da carne e produtos cárneos (Mancini e Hunt 2005). A cor da

carne bovina mais aceitável pelos consumidores é vermelha cereja brilhante (Luchiari Filho, 2000a). Sendo assim, a cor desempenha um papel importante na comercialização da carne. A coloração mais escura inibe a compra, uma vez que o consumidor associa a cor escura a uma possível deterioração ou oriunda de animais mais velhos (Vaz; Restle, 2002; Brondani et al., 2006). Também segundo Mancini e Hunt (2005), os consumidores julgam as alterações da cor da carne como um indicador de perda de frescura e inocuidade do produto.

A cor da carne é dependente da concentração e do estado químico dos pigmentos do músculo (mioglobina e hemoglobina residual) sobre as características físicas da carne, como as propriedades de absorver e refletir a luz que estão relacionadas com o seu pH final (Abril et al., 2001). O brilho da carne aumenta à medida que o músculo acidifica, dado que a contração das miofibrilas expulsa a água da matriz proteica, o que faz com a reflexão da luz à superfície aumente (Hulot; Ouhayoun, 1999).

De acordo com Pardi et al. (2001), numa situação de sangria bem realizada, a cor da carne é devida principalmente à mioglobina, pigmento dos músculos, sendo de 80 a 90% do pigmento total, e em menor grau à hemoglobina, pigmento do sangue, que se encontra 26 apenas em quantidades residuais. O teor de hemoglobina só influenciará a cor da carne se o processo de sangria for mal executado.

Segundo Brewer (2004), a mioglobina é uma metaloproteína, formada por um grupo heme e um polipeptídeo chamado globina. A função biológica da mioglobina consiste no armazenamento de oxigénio para utilização pelos tecidos vivos, que ocorre quando ela se encontra no seu estado reduzido

(oximioglobina). Porém, em função de determinadas condições do ambiente, a mioglobina sofre alterações na sua estrutura, relacionadas ao estado de oxigenação e oxidação do átomo de ferro que se refletem diretamente na cor da carne fresca (Insausti et al., 1999; Kim; Hunt, 2011).

A mioglobina pode ser encontrada em carnes vermelhas in natura em três formas: deoximioglobina, oximioglobina e metamioglobina (Mancini; Hunt, 2005). A carne fresca, imediatamente após o corte na ausência de oxigênio (O<sub>2</sub>), tem uma cor púrpura da deoximioglobina ou mioglobina reduzida que contém o ião ferro no seu estado ferroso (Fe<sup>+2</sup>), e que se caracteriza pela ausência de ligante do grupo heme. Após a exposição da carne fresca ao oxigênio, a mioglobina ferrosa é oxigenada, formando-se a oximioglobina pela ligação do oxigênio molecular disponível para ligação covalente do grupo heme (Brewer, 2004, Mancini e Hunt, 2005). A oximioglobina confere uma coloração vermelho-cereja brilhante às carnes frescas e está diretamente associada com a cor de carnes vermelhas de maior aceitação pelos consumidores (Insausti et al., 1999; Carpenter, et al., 2001).

Segundo Mancini e Hunt (2005), a cor vermelha da carne é relativamente instável, a oximioglobina (vermelho-cereja) e a deoximioglobina (vermelhopúrpura) podem ser oxidadas a metamioglobina (castanha). Em condições de baixa pressão de O<sub>2</sub>, a oxidação do ião ferroso à forma férrica (Fe<sup>+3</sup>) resulta na formação de metamioglobina (MacDougall, 1981; Siedeman et al., 1984). A metamioglobina, de cor castanha, é associada pelos consumidores à falta de frescura e salubridade do produto (Carpenter, et al., 2001; Mancini e Hunt, 2005).

Desta forma, durante a comercialização da carne fresca, a preservação da cor vermelho-brilhante atraente envolve principalmente a prevenção ou o retardamento da formação de metamioglobina (Rosa, 2009). A coloração da carne depende em grande parte da fisiologia e da bioquímica dos músculos nas horas que antecedem e logo após o abate. Qualquer situação extrema, tal como o stresse, produz variações das reservas de glicogénio, o que vai causar variabilidade no pH final do tecido muscular, originando alterações significativas como, carnes pálidas e carnes de cor escura.

Assim, a palidez da carne é devida a uma grande proporção de água livre nos tecidos, combinada com o efeito direto do baixo pH nos pigmentos (aceleração da taxa de oxidação da mioglobina) e uma desnaturação excessiva das proteínas durante o período inicial post mortem. A água livre aumenta a reflexão da luz incidente, reduzindo assim a intensidade da cor (Kim e Hunt, 2011).

Nos casos extremos de depleção elevada das reservas de glicogénio o pH final fica muito elevado, originando carnes que são caracterizadas por apresentarem uma cor escura. Há duas possíveis razões para o escurecimento da cor: as proteínas miofibrilares da carne com pH alto têm uma maior capacidade de se ligar à água do que a carne com pH normal (5,6-5,8), resultando numa estrutura fechada que inibe a difusão do oxigénio e apresenta baixa dispersão da luz quando comparada com a superfície mais aberta da carne com um pH final inferior (Hulot; Ouhayoun, 1999; Abril et al., 2001).

A segunda possibilidade para uma aparência mais escura da carne em pH elevado está relacionada com a maior atividade do citocromo oxidase



mitocondrial. Neste tipo de carne não é formada a oximioglobina, pois no pH final alto o oxigénio não se liga a esta molécula. Além disso, no pH final alto a atividade respiratória do tecido muscular pode ser acelerada, resultando numa visibilidade maior da cor púrpura da mioglobina reduzida tanto quanto da cor vermelha da oximioglobina (Siedeman et al., 1989).

Normalmente, a superfície da carne exposta é vermelha brilhante porque a mioglobina está oxigenada. No entanto, a deterioração dessa cor ocorre durante o armazenamento e exposição, devido à oxidação de pigmentos e/ou mesmo de lípidos, entre outros motivos. Radicais livres produzidos durante a oxidação dos lípidos podem alterar a química do grupo heme e iniciar a oxidação da mioglobina, provocando a perda de cor da carne (Lynch et al., 1999).

Existem alguns métodos utilizados para medição da cor. Os métodos subjetivos usam escalas de pontuação, nos quais valores menores representam carnes mais claras e maiores as mais escuras, variando a escala padrão da American Meat Science Association (AMSA, 2012) de 1 a 6. Já os métodos objetivos utilizam equipamentos (colorímetros e espectrofotómetros). Com o objetivo de facilitar a comparação entre as variáveis de cor, a CIE (Commission Internationale d'Éclairage) recomendou a utilização da escala de cor CIE  $L^*$   $a^*$   $b^*$ , que identifica a cor de um objeto ou uma fonte de luz usando uma notação numérica.

Este método baseia-se num esquema tridimensional no qual a escala que é representada por  $L^*$  ou luminosidade, tem variação de valores entre 0 (preto) e 100 (branco), enquanto as variáveis  $a^*$  e  $b^*$  não tem escalas numéricas associadas. Em eixos perpendiculares à luminosidade, valores positivos de  $a^*$

representam a maior intensidade de vermelho e valores negativos contribuição do verde; no outro eixo os valores positivos de  $b^*$  representam maior intensidade de amarelo e valores negativos contribuição do azul (AMSA, 2012).

#### **2.7.1.5 O teor de colagénio solúvel**

O colagénio é a proteína mais abundante do tecido conjuntivo, variando entre 1 e 15% da matéria seca do músculo e é responsável por um terço da proteína total. O colagénio, nomeadamente a sua porção insolúvel (contendo uma estrutura fibrilar reforçada por grande número de ligações covalentes estáveis) está também relacionado com a dureza do músculo post mortem. Já a solubilidade do colagénio é atribuída à degradação das proteínas responsáveis pela ligação entre as fibras de colagénio (Mera, 2016). O mesmo autor salienta que apesar de o pH ter efeitos importantes sobre as características físicoquímicas da proteína, este não afeta o colagénio.

A determinação do colagénio é dada pela quantidade da hidroxiprolina, através das frações solúveis e insolúveis da mesma, referindo-se assim às quantidades de colagénio solúvel e insolúvel. Para além da hidroxiprolina, o colagénio é composto pelos aminoácidos prolina e glicina (Barbosa, 2017). Os fatores que aumentam a insolubilidade do colagénio, aumentam a sua força, sendo um dos principais a idade do animal. A solubilidade afeta a tenrura da carne, assim como a capacidade de retenção de água e o tempo de cozedura (Huidobro et al., 2005).

O tecido conjuntivo é o elemento fundamental do organismo, exercendo uma função estrutural como agregador e suporte de células. Isso ocorre devido às propriedades do colagénio, uma proteína fibrosa dotada de grande força de

tensão e que se encontra distribuída por quase todos os órgãos (Junqueira e Carneiro, 1990; Reis et al., 1999).

Vários estudos demonstraram que várias propriedades do colagénio, como tamanho da fibra, tipo genético, conteúdo total e solubilidade do colagénio, estão intimamente relacionadas com a natureza e integridade de suas ligações cruzadas e são importantes para determinar a contribuição desta proteína para a textura da carne (Bailey, 1985).

O tecido conjuntivo forma o principal tipo de fibra extracelular, sendo a proteína mais abundante no organismo animal, apresentando valores entre 20 e 25% do total de proteínas, sendo formada por três cadeias polipeptídicas, cada uma com aproximadamente 1000 aminoácidos (Stryer, 1992).

Segundo Farfán (1994), os aminoácidos glicina (percentual molar 33,0%), prolina (12,2%), hidroxiprolina (9,4%) e alanina (10,7%), perfazem 65% dos aminoácidos do colagénio. Essa proteína é totalmente carente de cisteína e triptofano. A hidroxiprolina se destaca por ser um aminoácido exclusivo do colagénio, por isso é utilizada como parâmetro para se estabelecer a quantidade de colagénio presente na carne e em produtos derivados (Stryer, 1992). A sua unidade molecular é tropo colagénio, o fio proteico mais longo que se conhece (PM 300.000) com 15 Å de diâmetro e 2.800 Å de comprimento, onde três hélices esquerdas se entrelaçam formando uma super-hélice direita (Farfán, 1994).

Normalmente, os cortes cárneos de baixo valor comercial e subprodutos apresentam elevado teor de tecido conjuntivo. Os componentes de tecido conjuntivo colagenioso possuem baixos teores em aminoácidos essenciais e ausência de triptofano, podendo influenciar a qualidade nutricional da carne, se

presente em elevadas proporções (Bailey e Light, 1989). O colagénio em carnes e produtos cárneos consumidos pode afetar o rendimento, textura, estabilidade da emulsão, cor, sabor, vida-de-prateleira e valor nutricional (Torre, 2004).

A tenrura da carne depende do tecido conjuntivo, estado da estrutura miofibrilar e da interação estrutural e matriz (Monin, 1998). Segundo a literatura, a carne menos tenra de animais mais velhos é devido à mudança na estrutura química do colagénio intramuscular com a idade, particularmente em suas ligações cruzadas covalentes que estabilizam as fibras do mesmo, ao invés de aumentar a quantidade de tecido conjuntivo (Tarrant, 2001).

Existe pouca variação na concentração de colagénio do músculo com o crescimento e aumento da idade dos animais. Em geral, as alterações na concentração de colagénio muscular são mínimas, indicando que a síntese, aumento ou as mudanças nas proteínas celulares do músculo permanecem em equilíbrio durante quase toda a vida do animal (Alvarez; Santos, 2001).

Encontram-se 19 tipos diferentes de fibras de colagénio, sendo que na carne são encontrados 6 tipos (I, II, III, IV, V e VI). Destes tipos de colagénio, os mais estudados e que influenciam diretamente na tenrura da carne são os do tipo I e II (Luchiari Filho, 2001).

Segundo Bailey e Light (1989), o colagénio representa apenas 2% do total de proteínas do músculo, mas é responsável por muitas alterações na textura da carne durante o aquecimento, ocorrendo desnaturação e solubilização. Contudo, a taxa e extensão dessas mudanças dependem da maturidade do colagénio, fatores exógenos como taxa de aquecimento, grau de humidade e limitações durante o cozimento.

Há evidências que no post mortem ocorram transformações no tecido conectivo e estas sejam decorrentes da ação de proteases lisossomais (catepsinas) que atuam na degradação do colagénio durante a maturação (Lawrie, 2005).

As diferenças na solubilidade do colagénio entre os músculos, durante a maturação é decorrente das variações no tamanho das fibras e feixes de fibras de colagénio destes músculos, que conduzem à maior ou menor eficiência das enzimas colageniolíticas na degradação das fibras dessa proteína (Stanton; Light, 1987).

Nos músculos maturados a quantidade de colagénio solubilizado foi maior que nos não maturados e o aumento observado foi gradual até 28 dias de maturação. Esses resultados devem-se à ação proteolítica das catepsinas, liberadas no meio extracelular e capaz de quebrar colagénio nativo insolúvel em fragmentos solúveis (Oliveira et al., 1998).

O sexo também influencia o conteúdo de colagénio, onde animais machos apresentam maior quantidade de tecido conjuntivo intramuscular que as fêmeas. A castração reduz o conteúdo de colagénio melhorando a qualidade da carne. No entanto, uma série de fatores (tamanho da fibra de colagénio, maturação do tecido conjuntivo, número de ligações cruzadas e estabilidade destas) que estão relacionados com a solubilidade do colagénio interfere na textura da carne. Esses fatores estão intimamente ligados à idade, genótipo, sexo, uso de anabolizantes e alimentação dos animais. Em vista dos pontos citados, manter 49 essas variáveis em equilíbrio, ou seja, em um ponto ótimo de aproveitamento

estaremos caminhando para uma das maiores exigências para a aceitabilidade deste produto pelos consumidores (Luchiari Filho, 2001).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio experimental foi realizado no Laboratório de Nutrição e Metabolismo do Pólo da Mitra, Universidade de Évora, Portugal.

#### 3.1 Ensaio Experimental

##### 3.1.1 Amostras da carne de bovino

No ensaio experimental, foram usadas 4 amostras de carne maturada e 4 amostras de carne não maturada. As amostras compradas estavam em embalagem skin vácuo.



Figura 4. Amostras da carne não maturada e maturada

#### 3.2 Procedimento analítico

##### 3.2.1 Parâmetros físicos

###### 3.2.1.1 Cor

A cor foi determinada através do sistema CIELAB. Foram obtidos os valores de  $L^*$ , que representa a luminosidade e que varia de 0 (preto) a 100 (branco),  $a^*$ , que se for superior a 0 nos dá o vermelho (+a) e se for inferior nos dá o verde (-a), e o  $b^*$  que se for superior a 0 nos dá o amarelo (+b) e se for

inferior nos dá o azul (-b). Através destes parâmetros podemos calcular os seguintes atributos psicométricos: ângulo de tono ( $180 \times \arctg b^* / a^* / \Pi$ ), cromaticidade ( $\sqrt{a^2 + b^2}$ ) e saturação (cromaticidade/ $L^*$ ).

A tonalidade permite-nos tirar conclusões sobre o tom da cor que é perceptível, por exemplo amarelo, verde, etc. A cromaticidade dá-nos a cor de percepção humana. Por fim a saturação indica-nos a intensidade da tonalidade, isto é, da coloração (por ex., vermelho intenso).

Para a determinação foi utilizado um colorímetro Minolta CR-400, com o iluminante D65, sendo realizadas 8 medições na zona interna da carne, depois desta estar descongelada. Os valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  foram dados pela média aritmética destas medições.

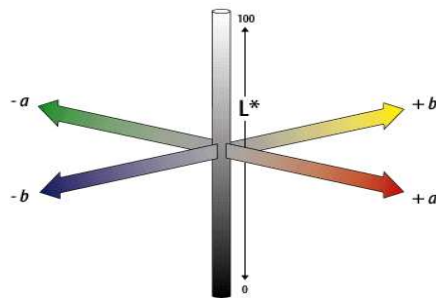


Figura 5. Espaço da cor CIELAB

Fonte: Special Chem

Na seguinte foto vem apresentar o processo da determinação da cor utilizando um colorímetro Minolta CR-400. As amostras foram cortadas e utilizadas a espátula. Depois disto, começa a medir cor da carne.





Figura 6. Processo de determinação da cor utilizando um colorímetro Minolta CR-400

### 3.2.1.2 pH

As medições do pH foram feitas diretamente no músculo, após a descongelação e trituração da amostra. Foi feita através de um eletrodo penetrante Ingold, modelo Lot406-M6-DXK-S7 ligado a um potenciômetro, sendo as medições corrigidas para a temperatura da amostra (NP 3441).

O valor do pH foi dado pela média aritmética das medições (8 medições por amostra).

### 3.2.1.3 Capacidade de retenção de água (CRA)

A capacidade de retenção de água foi determinada segundo a técnica de pistometria. De acordo com o procedimento descrito por Goutefongea (1966), 5g de amostra triturada foram colocadas entre dois pedaços de papel de filtro, e sujeitas a uma pressão constante durante 2 minutos, com um pistão (2250g).

O resultado é expresso em percentagem de água perdida pela amostra, sendo obtido pela diferença de peso antes e após a realização do método ((peso inicial – peso final) / peso inicial x 100).

Foram efetuados dois testes, correspondendo o valor de CRA à respetiva média aritmética.

### **3.2.2 Parâmetros químicos**

#### **3.2.2.1 Humidade**

A humidade foi calculada a partir de uma porção de 10g de amostra triturada que se colocava num cadinho previamente identificado. A amostra era depois misturada com areia tratada e etanol, sendo de seguida colocada na estufa a  $102 \pm 2^{\circ}\text{C}$  até haver uma estabilização do peso. A primeira pesagem efetuou-se após decorrerem 2 horas e as posteriores após 30 minutos. As operações de secagem, arrefecimento e pesagem foram efetuadas para duas repetições. Considera-se que o peso é estável, quando a diferença entre pesagens é inferior a 10mg.

O resultado é determinado em função da perda de massa quando submetida à secagem, e pela média aritmética das duas repetições, sendo expresso em percentagem do produto (Norma Portuguesa NP-1614 (1979)).

#### **3.2.2.2 Lípidos intramusculares**

Esta análise foi realizada segundo o método de Marmer e Maxwell (1981). Através deste método foram separadas as duas frações lipídicas. A fração neutra, constituída essencialmente por triglicéridos e a fração polar constituída por fosfolípidos.

O enchimento da coluna de vidro (35 mm  $\varnothing$ , com ponta gotejante) efetuase com lã de vidro no nível inferior, 10g da mistura de celite 545:fosfato bicálcico, na proporção de 9:1 no nível intermédio, e uma mistura de 10g de celite 545 + 5g de sulfato de sódio anidro + 2,5g de amostra liofilizada, no nível superior.

Para fazer a separação das duas frações, utilizaram-se dois solventes com polaridades distintas. Para arrastar a fração neutra (triglicéridos),

procedeu-se à eluição com 100ml de diclorometano e para a fração polar (fosfolípidos) com 100ml da mistura de diclorometano: metanol na proporção de 9:1.

Os eluídos das diferentes frações, foram recolhidos para balões de fundo plano de 200ml e levados ao evaporador rotativo para se retirar o solvente, colocando-se de seguida no exsiccador durante 24 horas.

A determinação é feita através da diferença de pesos dos balões antes e após a eluição, sendo o resultado expresso em percentagem de produto.

A fração de lípidos neutros é utilizada para a determinação dos ácidos gordos por cromatografia gasosa.

### **3.2.2.3 Teor em colagénio**

#### **Colagénio total**

Em primeiro lugar procedeu-se à hidrólise ácida, pesando 150mg da amostra liofilizada e triturada para um tubo com rolha (em triplicado), juntando 10ml de HCl 6N. Fecham-se e agitam-se os tubos, incubando 18 horas numa estufa ventilada a 115°C.

Tiraram-se os tubos e deixaram-se arrefecer à temperatura ambiente, ajustando de seguida com HCl 6 N, se tiver ocorrido evaporação. Juntou-se 100 mg de carbono activo aos tubos e agitaram-se. Procedeu-se à filtração, após terem repousado 2 min. Em seguida fez-se a diluição de 200 µl do filtrado + 800 µl de água destilada, para tubos de 10 ml, e guardaram-se a 4 °C no máximo 1 mês.

### **Determinação do teor em hidroxiprolina**

Preparou-se uma gama de hidroxiprolina: branco (1 ml de HCl 1,2 N), tubo 1 (990 µl de HCl 1,2 N + 10 µl de hidroxiprolina), tubo 2 (980 µl de HCl 1,2 N + 20 µl de hidroxiprolina), tubo 3 (960 µl de HCl 1,2 N + 40 µl de hidroxiprolina), tubo 4 (940 µl de HCl 1,2 N + 60 µl de hidroxiprolina), tubo 5 (920 µl de HCl 1,2 N + 80 µl de hidroxiprolina).

Em cada tubo da gama e em cada tubo da amostra juntou-se: 1 ml NaOH 1,2 N (agitou-se), 1 ml de Cloramina T (agitou-se e contacto durante 20 min sob a hotte), 1 ml de ácido perclórico (agitou-se e contacto durante 5 min sob a hotte) e 1 ml de pDAB (rolhou-se e agitou-se).

Levaram-se os tubos a incubar durante 20 min, a um banho-maria a 60 °C, e após terem arrefecido sob água corrente, leu-se a densidade óptica a 557 nm.

### **Colagénio solúvel**

Pesaram-se 300 mg de músculo liofilizado (em duplicado para cada amostra) para um tubo de centrifuga de 20 ml com rolha e juntou-se 7 ml de Líquido de Ringer. Rolharam-se os tubos e colocaram-se num agitador rotativo durante 1 hora. Colocaram-se em seguida num banho-maria durante 1 hora, a 77°C, agitando frequentemente os tubos.

Procedeu-se à centrifugação a 4000 r.p.m., durante 30 min à temperatura ambiente. Recuperou-se depois o sobrenadante para tubos de 20 ml. O precipitado de cada tubo foi lavado com 3 ml de Líquido de Ringer e recolocaram-se os tubos na centrífuga durante mais 30 min. Recuperou-se o sobrenadante e juntou-se ao já recolhido.

Depois de agitar, retiraram-se 5 ml para um tubo com rolha e adicionaram-se 5 ml de HCl 12 N, agitando novamente. Realizou-se a hidrólise ácida e a dosagem de hidroxiprolina, como para o colagénio total.

#### **3.2.2.4 Pigmentos totais**

O conteúdo em pigmentos totais foi determinado pelo método de Hornsey (1956). Neste método, procede-se à separação do grupo heme da globina, de uma amostra de 10g de músculo triturado. Adicionaram-se 40 ml de acetona e 1 ml de ácido clorídrico (12N), agitou-se e deixou-se em repouso durante 1 hora na obscuridade a 4 °C. Seguidamente procedeu-se à filtração com papel de filtro Watman n.º 40, fazendo-se depois a leitura num espectrofotómetro à absorvância de 640 nm. O resultado é expresso em partes por milhão (ppm) de hematina e obtêm-se multiplicando a densidade óptica registada por 680.

### **3.3 Análise estatística**

Para a análise estatística dos dados necessários foram verificados através do teste para a normalidade (Shapiro e Wilk, 1965) e teste para a homogeneidade de variâncias (Levene, 1960). A análise estatística foi realizada pela comparação das médias através de um teste t-student para amostras independentes, com o software estatístico IBM SPSS Statistics 20, e com o animal como unidade experimental. Os resultados são apresentados como média  $\pm$  erro padrão, e a diferença entre médias foi considerada significativa quando  $P < 0,05$ .

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os valores médios e erro padrão obtidos para as variáveis de composição química e características físico-químicas estão apresentados nos quadros 1 e 2, respectivamente.

### **4.1 Composição química do músculo Longissimus dorsi (vazia) de bovino maturado e não maturado.**

A análise dos resultados mostrados no quadro 1. mostra que a maturação da carne não afetou significativamente a composição química do músculo Longíssmus dorsi. Contudo, deve ser salientado que a carne maturada revelou um teor de colagénio solúvel quando expresso em percentagem do colagénio total 39% superior. Este resultado é particularmente relevante porque embora não se conheça o tempo de maturação da carne maturada esse efeito parece estar potenciado. Oliveira et al. (1998) verificaram nos músculos maturados uma quantidade de colagénio solubilizado superior aos não maturados e o aumento observado foi gradual até 28 dias de maturação. Nishimura et al. (1995), evidenciaram um enfraquecimento estrutural do endomísio e perimísio durante o acondicionamento e que estas alterações estruturais no tecido conjuntivo intramuscular eram mínimas até 10 dias post mortem, mas claramente observáveis depois de 14 dias post mortem. Durante o tempo de maturação as catepsinas atuam sobre as ligações de tropocolagénio reduzindo o número de ligações intra e intermoleculares aumentando a solubilidade do colagénio. Há evidências que no post mortem ocorram transformações no tecido conjuntivo e estas sejam decorrentes da ação de protéases lisossomas (catepsinas) que

atuam na degradação do colagénio durante a maturação capazes de quebrar o colagénio nativo insolúvel em fragmentos solúveis (Oliveira et al., 1998; Lawrie, 2005). Será essa ação proteolítica levada a cabo pelas catepsinas ao nível das moléculas de tropocolagénio que reduzirão o número de ligações intra e intermoleculares aumentando a solubilidade do colagénio. É importante ter em atenção que não se conhecendo o período de maturação da carne adquirida no mercado, assim como a temperatura de conservação, o efeito da maturação sobre o teor de colagénio solúvel está condicionado pelas condições de maturação de mercado.

Quadro 1. Características tecnológicas e cor do músculo Longíssimus dorsi (vazia) de bovino maturado e não maturado

	Carne não maturada		Carne maturada		Significância
	Média	EP	Média	EP	
<b>Humidade (%)</b>	72.8	1.0	73.0	0.3	NS
<b>Lípidos neutros (% matéria fresca)</b>	2.04	0.58	1.45	0.31	NS
<b>Lípidos polares (% matéria fresca)</b>	1.42	0.30	0.90	0.09	NS
<b>Lípidos totais (% matéria fresca)</b>	3.46	0.66	2.35	0.35	NS
<b>Pigmentos totais (ppm)</b>	128.2	11.3	162.8	29.6	NS
<b>Colagénio total (µg/mL)</b>	25.0	1.6	22.2	1.8	NS
<b>Colagénio solúvel (µg/mL)</b>	3.4	0.7	4.1	1.1	NS
<b>Colagénio solúvel (% colagénio total)</b>	13.6	2.8	18.9	5.2	NS

Significância: NS -  $P \geq 0.05$ .

O teor de lípidos polares foram 57,8% superiores na carne não maturada mas tal deverá ser explicado pela origem da amostra em animais tal como o maior teor de pigmentos totais na carne maturada (+ 21%). O registo destes resultados não deverá ser atribuído ao efeito da maturação, mas possivelmente originado pela raça (crescimento) ou sistema de produção que deu origem às amostras adquiridas no mercado.

O teor de humidade foi muito semelhante em ambas as amostras. O teor de humidade mostra uma relação negativa com o teor de lípidos neutros, comumente chamado gordura intramuscular ou de infiltração. Este resultado concorda com a menor diferença no teor de lípidos neutros (0,6%) observada. Na carcaça dos bovinos a água encontra-se principalmente nos tecidos musculares e, em menor quantidade, nos tecidos adiposos, assim sendo, quanto menor a presença de tecido adiposo na carcaça maior a humidade da mesma (Ordoñez et al., 2005). A concentração da fração lipídica depende intimamente da raça, mais ou menos precoce, e da idade do animal. Animais de rápido crescimento e animais mais velhos têm uma maior deposição de gordura e portanto produzem músculos com mais gordura intramuscular (Kerth et al., 2007).



#### **4.2 Características tecnológicas e cor do músculo Longissimus dorsi (vazia) de bovino maturado e não maturado.**

A análise do quadro 2. revela que apenas o pH evidenciou diferença significativa ( $P < 0,01$ ). É relevante salientar que a capacidade de retenção de água e parâmetros da cor mostraram valores muito semelhantes na carne maturada e não maturada.

Os resultados de vários estudos realizados sobre a evolução do pH durante a conservação em vácuo são contraditórios. Yu et al. (2018) verificaram um abaixamento significativo do pH de 5,48 para 5,19, tal como verificado no presente trabalho. A evolução no sentido da diminuição do pH durante o tempo de maturação/ conservação pode ser explicada pela presença de metabólitos de origem microbiana tais como ácido láctico ou CO<sub>2</sub> (Paneras e Bloukas, 1994). Contudo, os estudos efetuados por Moore & Gill (1987), Boakye & Mittal (1993), Braggins (1996) e Doherty et al. (1996), citados por Shahidi (2004) comprovaram que a carne embalada em vácuo e armazenada a -1,5 °C por períodos prolongados leva a uma elevação contínua do pH. No entanto, Kim et al. (2019) observou um aumento significativo do pH desde o dia 1 (5,62) até ao 7º dia (5,65) e 14º dia (5,69), mas uma diminuição significativa no 21º (5,55). Por outro lado, Hur et al., (2013), num estudo comparativo entre atmosfera protetora e vácuo observou que o valor de pH não foi afetado durante todo o período da experiência. Assim, atendendo a que as amostras maturada e não maturada não foram retiradas do mesmo animal (músculo Longissimus dorsi) tem que se considerar um possível efeito das condições fisiológicas dos animais que lhe deram origem atendo a que as condições de manejo no transporte e/ou na

espera na abegoaria do matadouro até o momento da insensibilização, gera alterações na fisiologia muscular, afetando o processo de transformação do músculo em carne e o valor do pH final. Finalmente, é importante ter em atenção que não se conhecendo o período de maturação da carne adquirida no mercado, o efeito da maturação sobre o pH no final do período está sujeito às condições de maturação de mercado.

Relativamente à capacidade de retenção de água, segundo Straadt et al., (2007), esta aumenta na carne maturada até 14 dias post mortem após uma queda no período entre 24 e 48 horas e a estabilização até o quarto dia post mortem. Os autores observaram um “inchaço” das miofibrilhas após 4 dias post mortem (concomitante com o período da maturação em que ocorre o aumento da capacidade de retenção de água) além da distribuição mais homogênea da água após esse período. Por outro lado, Hur et al., (2013) registaram um aumento da CRA desde o dia 1 ao dia 21 de maturação. No período de maturação ocorre a degradação das proteínas do citoesqueleto o que explicaria o aumento da capacidade de retenção de água da carne devido ao efeito de relaxamento do estado de contração induzido pelo rigor mortis (Kristensen & Purslow, 2001).

Quadro 2. Características tecnológicas e cor do músculo Longissimus dorsi (vazia) de bovino maturado e não maturado

	Carne não maturada		Carne maturada		Significância
	Média	EP	Média	EP	
<b>pH</b>	5.70	0.05	5.33	0.07	**
<b>Coefficiente de retenção de água (%)</b>	12.2	0.9	11.3	0.9	NS
<b>L*</b>	40.4	1.1	39.7	1.1	NS
<b>a*</b>	25.0	0.9	25.8	0.9	NS
<b>b*</b>	13.4	0.7	13.1	0.9	NS
<b>TONO</b>	28.3	1.2	26.8	1.0	NS
<b>Croma</b>	28.4	1.0	28.9	1.2	NS
<b>Saturação</b>	0.70	0.03	0.73	0.02	NS

Significância: \*\*P<0.01, NS - P≥0.05.

Relativamente aos parâmetros da cor a confrontação dos resultados obtidos no presente trabalho com os obtidos por outros autores mostra concordância relativamente ao valor de L\*, mas discorda relativamente aos valores de a\* e b\*. Assim, Yu, et al. (2018) num estudo em embalagens com skin vácuo (iguais às utilizadas no presente trabalho) verificaram que entre os zero e os 28 dias o valor de L\* não variava. O valor de a\* também não variou de forma significativa, mas o valor de b\* diminuiu significativamente de 18,72 para 12,56. Por outro lado, Hur et al., (2013) também não encontraram diferenças no valor

de  $L^*$  entre o dia 1 e 21, mas registaram um aumento nesse período dos valores das coordenadas cromáticas  $a^*$  (12,30 para 17,44) e  $b^*$  (3,69 para 7,07).

Relativamente ao parâmetro  $L^*$  que mede a luminosidade da carne foram observados valores próximos de 40. Segundo Joseph e Connolly (1977) e MacDougall (1982), numa carne não DFD, a diminuição do pH durante o processo de transformação do músculo em carne condiciona alterações estruturais na proteína e levam a um aumento dos valores de  $L^*$ , quando essa desnaturação não ocorre a carne apresenta um valor de  $L^*$  inferior. Os valores de  $L^*$  da carne comumente comercializada no sector da carne de bovino, de acordo com Muchenje et al., (2009), estão entre 33,2 e 41,0. Considera-se que a carne é escura quando  $L^*$  é inferior ou igual a 29,68 (Abularach et al., 1998). Os valores de pH final obtidos na carne, decorrentes da transformação do músculo em carne, condicionam os valores de  $L^*$  uma vez que determinam o arranjo estrutural da matriz muscular daí resultante. A estrutura da carne, e portanto a sua forma mais ou menos coesa tem influência na absorção e difusão da luz e por conseguinte na intensidade da cor. Durante a maturação, a estrutura muscular é enfraquecida através da atividade enzimática que faz com que os espaços extracelulares aumentem e sejam ocupados pela água livre no músculo dando maior reflectância à carne, isto é, tornando-a mais clara (Purchas, 1990). Contudo, como anteriormente referido, no presente trabalho os valores de  $L^*$  foram muito semelhantes entre carne maturada e não maturada e encontram-se próximos do intervalo de variação superior referido por Muchenje et al., (2009) e superiores ao valor abaixo do qual serão consideradas escuras (29,68) segundo Abularach et al. (1998) .

Relativamente aos outros parâmetros de cor,  $a^*$  e  $b^*$ , estes estão dependentes da composição da carne nomeadamente do teor de mioglobina, citocromos C. De acordo com Vieira et al., (2012), a cor amarelada da carne ( $b^*$ ) depende da concentração em pigmentos como carotenos e xantofilas procedentes da alimentação em pastagem, no caso de animais produzidos em sistema extensivo ou semi-extensivo. Segundo Muchenje et al., (2009) os valores de  $a^*$  e  $b^*$  da carne de bovino comumente comercializada estão compreendidos entre 11,1 - 23,6 e 6,1 - 11,3, respetivamente. Na avaliação da cor da carne, considera-se que apresenta a intensidade de vermelhos baixa 62 quando  $a^* \leq 14,83$  e elevada quando  $a^* \geq 29,27$ . Relativamente à intensidade de amarelos esta é baixa quando  $b^* \leq 3,40$  e alta quando  $b^* \geq 8,28$  (Abularach et al., 1998). No presente trabalho em ambas as carnes verificaram-se valores de  $a^*$  (cerca de 25) e de  $b^*$  (cerca de 13) superiores ao limite superior referido por Muchenje et al. (2009).

## 5. CONCLUSÕES

O estudo do efeito da maturação sobre a composição química e os parâmetros tecnológicos e cor do músculo Longísimus dorsi (peça de talho vazia) mostrou que a maturação afetou significativamente o pH da carne que evidenciou por outro lado um teor de colagénio solúvel 28% superior à carne não maturada. A composição química não foi afetada, sendo que as pequenas diferenças nos teores de lípidos neutros e polares, assim como de pigmentos totais deverão ser atribuídas à origem das amostras no mercado e não ao efeito da maturação. A capacidade de retenção de água e a cor da carne não foram afetadas pela maturação.

Sendo que o principal objetivo da maturação é a obtenção de carne mais tenra parece que esse objetivo é tendencialmente obtido (maior percentagem de colagénio solúvel) mesmo em condições de mercado em que não é dado ao consumidor informação sobre a extensão do período de maturação.

## BIBLIOGRAFIA

Abril, N.M.; Campo, M.M.; Önenç, A.; Sañudo, C.; Alberti, P.; Negueruela, A.I. (2001). Beef colour evolution as a function of ultimate pH. *Meat Science*, Barking, v. 58, p.69- 78.

Alves, D. D., Goes, R. H. de T. e B. de, & Mancio, A. B. (2006). Maciez da carne bovina. *Ciência Animal Brasileira*, 6(3), 135-149.

AMSA – AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. (2012). Meat color measurement guidelines. Champaign, Illinois, 125p.

Andersen, H.; Oksbjerg, N.; Young, J.F. (2005). Feeding and meat quality – a future approach. *Meat Science*. v.70, n.3, p.543-554.

Arantes, S.M.P. (2014). Importância do pH na carne de bovino embalada. Dissertação de Mestrado. Mestrado Integrado em Engenharia Biológica Ramo Tecnologia Química e Alimentar. Universidade do Minho. Portugal.

Araújo, J. (2014). Qualidade da carne de bovino. Vaca leiteira - Revista da Associação Portuguesa dos Criadores da Raça Frísia, 28, 125, pp. 54-57.

Archer, B. (2013). Sistemas de produção de bovinos de carne: engorda intensiva de novilhos. Relatório final de estágio. Mestrado integrado em Medicina Veterinária. Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar. Universidade do Porto. 35pp.

Asghar, A.; Henrickson, R.L. (1983). Post-mortem stimulation of carcasses: effects on biochemistry, biophysics, microbiology and quality of meat. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 18, p. 25-28.

Bailey, A.J.; Light, N.D. (1989). Connective tissue in meat and meat products. England. Elsevier, 355p.

Bailey, A.J. (1985). The role of collagen in the development of muscle and relationship to eating quality. *Journal of animal science*, v.60, p.80-87.

Beltran, J. A., Jaime, I., Santolaria, P., Sanudo, C., Alberti, P., Roncaalés, P. (1997). Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Science*, 45(2), 201–207.

Cabral, S.T.M.B (2016). Avaliação do potencial produtivo da herdade das passadeiras e anexas. Diagnóstico da situação atual e sugestões para 65 estratégias futuras. Mestrado em Agricultura Sustentável. Instituto Politécnico de Portalegre. Escola Superior Agrária de Elvas.

Campbell, R. E., Hunt, M. C., Levis, P., & Chambers, e., IV. 2001. Dryaging effects on palatability of beef longissimus muscle. *Journal of Food Science*, 66, 196- 199.

CICARNE - CENTRO DE INTELIGÊNCIA DE CARNE BOVINA (2016). Disponível em: <http://www.cicarne.com.br/pecuariadecorte/> acesso em 02 Março 2020.

Coró, A.G.; Youssef, E.Y.; Shimokomaki, M. (1999). Carne do zebu: O que está atrás da sua textura. *Revista Nacional da Carne*, v.23, n.271, p.28-34.

Costa, J. (2013). Impacto do transporte e do tempo na abegoaria no pH das carcaças de vitela, em condições comerciais. Dissertação de mestrado integrado em medicina veterinária, Universidade de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária, Lisboa.

Daley, C.C.; Devine C.E.; Watanabe, A. (1996). The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. *Meat Science*, 42, 67-78.



D'Occhio, MJ, Baruselli, PS, Campanile, G (2019). Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review, *Theriogenology*, 125, 277-284.

Dutcosky, S.D. (2013). *Análise Sensorial de Alimentos*. 4ª.ed Curitiba: Editora Champagnat, Brasil, p.536.

Epstein, H.; Mason , I.L. (1984). Cattle. In: *Evolution of domesticated animals*. (1st ed.) (Mason I.L., ed.) London: Longman, pp. 6-27.

Epstein, H. (1971). *The origin of the Domestic Animals of Africa*. (1st ed.). New York: Africana, v.1.

Farfán, J.A. (1994). *Química de proteínas aplicada à ciência e tecnologia de alimentos*. 2ª Ed. Campinas, Unicamp. 134p. (Séries manuais).

Feiner, G. (2006). Part I: Meat composition and additives. *Meat products handbook - Practical science and technology* 1ªEd, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 38-39, 58-60, 65-66.

Felício, P.E. (1999). 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: v. Único, p.79-97. Campinas, São Paulo. Brasil.

Felício, P.E. (1997). Fatores ante e postmortem que influenciam na qualidade da carne bovina. In: *Produção do Novilho de Corte*. A.M. Peixoto, J.C. Moura & V.P. Faria Eds. P.79-97. FEALQ, Piracicaba.

Felício, P.E. (1993). Fatores ante e post-mortem que influenciam na qualidade da carne vermelha. *Anais dos Simpósios da 30a. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Rio de Janeiro, Brasil, p.43-52.

Felício, P.E. (1998). Desdobramento da função qualidade da carne bovina. *Higiene Alimentar*, v.12, n.54, p.16-22.

Fontes, M.; Pinto, A.; Lemos, J. (2011). Qualidade na carne de bovino: atributos e percepção. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 110, 21–29.

Franco, B.D.; Landgraf, M. (1996). *Microbiologia dos Alimentos*, Editora Atheneu, São Paulo, 182.

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

Goll, D.E. (1991). Role of proteinases and protein turnover in muscle growth and meat quality. *Reciprocal Meat Conference Proceedings*, 44: 25-33.

Grácia, M.de A. (2011). Parâmetros indicadores de qualidade de carne moída utilizada em restaurantes de coletividade. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Departamento de Engenharia Química, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos. Curitiba. [Online]. Disponível em: <https://id.scribd.com/document/93361653/DissertMARILICE>. Acedido no dia 28 de Dezembro de 2019.

Grandin, T. (2007). *Handling and Restraint of Range Cattle*. *Livestock Handling and Transport*, 3ªEd, Oxford: CABI.

Hedrick, H.B.; Aberle, E.D.; Forrest, J.C.; Judge, M.D.; Merkel, R.A. (1994). *Principles of meat science*. 3 rd .ed. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing, 354p.

Huff-Lonergan, E., Mitsuhashi, T., Beekman, D.D., Parrish, F. C., Jr., Olson, D.G., Robson, R. M. (1996). Proteolysis of specific muscle structural proteins by  $\mu$ -calpain at low pH and temperature is similar to degradation in postmortem bovine muscle. *Journal of Animal Science*, 74(5), 993–1008.

Hur, J.S.; Jin, S.K.; Park, J.H.; Jung, S.W.; Lyu, H.J. (2013). Effect of Modified Atmosphere Packaging and Vacuum Packaging on Quality Characteristics of Low Grade Beef during Cold Storage. *Anim Sci*. 26(12): 1781–1789.

Iglesias, A. B. (1989). Estrutura y relaciones genéticas de razas bovinas mediante marcadores genéticos (Polimorfismos Bioquímicos). Dissertação de Doutorado em Biología apresentada à Faculdade de Biología da Universidade de Santiago.

Judge, M.; Aberle, E. D.; Forrest, J. C.; Hedrick, H. B.; Merkel, R. A. (1989). *Principles of Meat Science*. Dubuque: Kendall/Hunt, p.351.

Júnior, D.M.L; Rangel, A.H.N; Urbano, S.A.; Maciel, M.V; Amaro, L.P.A. (2011). Alguns aspetos quantitativos da carne bovina: Uma revisão. *Ata Veterinária Brasília*, v.5, n.4, p.351-358.

Junqueira, L.C.; Carneiro, J. (1990). *Histologia básica*. 7ª Ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, p.65-100.

Kendall, T.L.; Koohmaraie, M.; Arbona, J.R. (1993). Effect of pH and ionic strength on bovine m-calpain and calpastatin activity. *J Anim Sci*, v. 71, n. 1, p. 96-104.

Kim, S.; Lee, H.J.; Kim, M.; Yoon, J.W.; Shin, D.J.; Jo, C. (2019). Storage Stability of Vacuum-packaged Dry-aged Beef during Refrigeration at 4°C. *Food*

Sci Anim Resour. 39(2): 266–275.

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

Koohmaraie, M. (1992). The role of Ca<sup>2+</sup>-dependent proteases (Calpains) in post mortem proteolysis and meat tenderness. *Biochemie*, v. 74, n. 3, p. 239-245.

Koohmaraie, M., Wheeler, T.L., Shackelford, S.D. (1996). Sampling, Cooking, and Coring Effects on Warner-Bratzler Shear Force Values in Beef. *J. Anim.Sci.*, v.74, n.7, p.1553-1562.

Kubota, E.H., Olivo, R., Shimokomaki, M. (1993). Maturação da carne um processo enzimático. *Revista Nacional da Carne*, 28, 125, p.12-15.

Lage, J. F., Oliveira, I. M., Paulino, P. V. R. & Ribeiro, F., 2009. Papel do sistema calpaínacalpastatina sobre a proteólise muscular e sua relação com a maciez da carne em bovinos de corte (Calpain-calpastatin role on muscle proteolysis and its relationship with beef tenderness). *Revista electrónica de Veterinaria*, 10(12).

Lawrie, R. A. (1998). *Ciência da carne* (3ª Edição ed.). Artmed Editora.

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

Loftus, R.T.; Machugh, D.E.; Bradley, D.G.; Sharp, P.M.; Cunningham, P. (1994). Evidence for two independent domestications of cattle. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 91: 2757-2761.

Luchiari Filho, A., Moura, A. C. (1997). Situação atual e tendências da pecuária de corte no Brasil relacionados à qualidade da carne. In: I Simpósio Internacional sobre Produção Intensiva de Gado de Corte. São Paulo, p. 42-44.

Luchiari Filho, A. (2000). Pecuária da carne bovina. São Paulo: R. Vieira Gráfica & Editora, 134 p.

Luchiari Filho, A. (2000). Como as fibras de colagénio influenciam na maciez da carne. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br>. Acesso em 10 Jan 2020.

Mancini, R.A.; Hunt, M.C. (2005). Current research in meat colour. *Meat science*, v.71, p.100-121.

Marino, R., Albenzio, M., Della Malva, A., Santillo, A., Loizzo, P., Sevi, A. (2013). Proteolytic pattern of myofibrillar protein and meat tenderness as affected by breed and aging time. *Meat Science*, 95(2), 281–287.

Matos, J. E. (2013). Maturação condição essencial à valorização da qualidade de uma carne. *Revista Agrotec*, nº 6, 20-24.

Miller, M. (2007). Dark, Firm and Dry Beef. BEEF FACTS - Product Enhancement. National Cattlemen's Beef Associationon.

Monin, G. (1998). Recent methods for predicting quality of whole meat. *Meat Science*, v.49, p.231-243.

Monte, A.L.S.M; Gonsalvez, H.R.O; Villarroel, A.B.S; Damaceno, M.N; Cavalcante, A.B.D. (2012). Qualidade da carne de caprinos e ovinos: uma revisão. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.8, n.3, p11- 17.

Neupane, M, Geary, TW, Kiser, JN, Burns, GW, Hansen, PJ, et al. (2017) Loci and pathways associated with uterine capacity for pregnancy and fertility in

beef cattle. PLOS ONE, 12(12): e0188997.

Nishimura, T.; Hattori, A.; Takahashi, K. (1995). Structural weakening of intramuscular connective tissue during conditioning of beef. Meat Science. Volume 39, Issue 1, 127-133.

Oliveira, L.B.; Soares, G.J.D.; Antunes, P.L. (1998). Influência da maturação da carne bovina na solubilidade do colagénio e perdas de peso por cozimento. Revista Brasileira de Agrociência, v.4, n.3, p.166-171.

Ostdal, H.; Larsen, LM.; Moller, A.J. (1992). Lactic and treatment of prérigor beef and distribution of cathepsin B+L activity. In: International congress of meat science and technology, Clermont-Ferrand. Proceedings ClermontFerrand, France, v. 3, p. 403-406.

Paneras ED, Bloukas JG. Vegetable oils replace pork backfat for low-fat frankfurters. J Food Sci. 1994;59:725–732.

Peixoto, L.R. (2009). Atributos físico-químicos e sensoriais da carne ovina de diferentes genótipos terminados em confinamento Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Vale do Acaraú / Centro de Ciências Agrárias e Biológicas / Mestrado em Zootecnia. Brasil.

Philippi, S.T. (2006). Nutrição e Técnica Dietética. 2.ed. Barueri: manole, p.119-124, 170-171.

Pinho, A. P. (2009). Caracterização físico-químicas de carne bovina de marcas comercializadas no município de Porto Alegre. Tese de doutoramento, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre.

Reis, A.S.F. (2018). Qualidade e segurança alimentar no setor das carnes. Relatório de Estágio apresentado à Escola Superior Agrária de Coimbra para 70 cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em Engenharia Alimentar. Escola Superior Agrária. Politécnico de Coimbra. Portugal.

Roça, R.O. (2000). "Propriedades da carne" Tecnologia da carne e produtos derivados. Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, FCA, UNESP, 202.

Sahlin, K. (1978). Intracellular pH and energy metabolism in skeletal muscle of man. With special reference to exercise. *Acta physiologica Scandinavica*, 455, 1-56.

Santos, R.M.B. (2016). Revisão bibliográfica: Efeito dos alimentos e de outros fatores sobre a qualidade da carne de ruminantes. Trabalho de conclusão de curso de Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba. Brasil, p.10.

Sarcinelli, M.F; Venturini, K.S; Silva. L.C. (2007). Características da Carne Bovina. Universidade Federal do Espírito Santo. Brasil.

Shahidi, F. (2004). *Quality of Fresh and Processed Foods*, Springer Science & Business Media, 542, 74.

Shapiro, S. S., and Wilk, M. B. (1965), An analysis of variance test for normality (complete samples), *Biometrika* 52, 591–611.

Sigarini, C. (2004). Avaliação bacteriológica da carne de bovino desossada em estabelecimentos comerciais do município de Cuiabá - MT/Brasil. Dissertação de mestrado, Faculdade de Veterinária, Centro de Ciências

Médicas, Niterói.

Stryer, L. (1992). Bioquímica. 3ª Ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan.

Stanton, C.; Light, N. (1987). The effects of conditioning on meat collagen: evidence for gross in situ Proteolysis. Meat Science, Barking, v.21, p.249-265.

Tarrant, P.V. (2001). Prioridades na pesquisa para a indústria da carne. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de carnes. Anais, p.380.

Tarrant, P.V.; Harrington, D.; Kenny, F.J.; Murphy, M. (1992). Long distance transportation of steers to slaughter: effect of stocking density on physiology, behaviour and carcass quality. Livestock Production Science, 223-238.

Thundathil, JC, Dance, AL, Kastelic, JP (2016). Fertility management of bulls to improve beef cattle productivity, Theriogenology, 86(1), 397-405.

Toldrá, F., Flores, M., Aristoy, M. C. (1995). Enzyme generation of free amino acids and its nutritional significance in processed pork meats. Developments in Food Science, 37, 1303-1322.

Torre, J.C.M.D. (2004). Proteínas de soja e colagénio: validação das metodologias de quantificação e avaliação tecnológica do uso em produtos cárneos. 261p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas.

Warris, P.D. (2000). Meat Science. An Introductory Text. CABI Publishing: London, 308p.

Yu, H.H.; Song, M.W.; Kim, T.K.; Choi, Y.S.; Cho, G.Y.; Lee, N.K.; PAik, H.D. (2018). Effect of Various Packaging Methods on Small-Scale Hanwoo



(Korean Native Cattle) during Refrigerated Storage. Korean J Food Sci Anim Resour. 38(2): 338 – 349.