

ATRIBUTOS DE QUALIDADE DA CARNE DE CORDEIRO DE
DUAS RAÇAS AUTÓCTONES: EFEITOS DAS PROPRIEDADES
INTRÍNSECAS E DA MATURAÇÃO

GISELA DOS SANTOS RODRIGUES

*Dissertação Apresentada ao Instituto Politécnico de Bragança para a Obtenção do Grau de
Mestre em Tecnologias da Ciência Animal*

Orientadores:

Prof. Vasco Cadavez

Dr.^a. Úrsula Gonzales-Barrón

Bragança, 2019

GI SELA DOS SANTOS RODRIGUES

**ATRIBUTOS DE QUALIDADE DA CARNE DE DUAS RAÇAS
AUTÓCTONES DE CORDEIRO: EFEITOS DAS PROPRIEDADES
INTRÍNSECAS E DA MATURAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico de Bragança - Escola Superior Agrária para a obtenção de Grau de Mestre em Tecnologias da Ciência Animal, sob a orientação do Professor Doutor Vasco Cadavez e da Doutora Úrsula Gonzales-Barrón da Escola Superior Agrária, Investigadores do Centro de Investigação de Montanha (CIMO).

DECLARAÇÃO

Quem subscreve, declara que este trabalho de investigação é original na sua totalidade e apresenta resultados fidedignos, obtidos e analisados sob a orientação do Professor Doutor Vasco Cadavez e da Doutora Úrsula Gonzales-Barrón da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança.

Gisela dos Santos Rodrigues

Gisela Rodrigues

19 Novembro 2019

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer aos meus pais por todo o apoio que me deram ao longo deste percurso, sem eles nada disto seria possível, são sem dúvida o pilar em todos os momentos importantes da minha vida, agradeço também às minhas irmãs e ao meu namorado por todo o apoio e carinho que me deram.

Um enorme agradecimento à minha avó por dizer sempre as palavras certas no momento certo.

Um agradecimento muito especial ao meu orientador Professor Doutor Vasco Augusto Pilão Cadavez e à minha co-orientadora Doutora Úrsula Gonzales-Barrón, pelo tempo que dedicaram a ajudar-me e pela prestabilidade sempre que tinha dúvidas para o presente trabalho, agradeço todos os conselhos e a compreensão desde o primeiro momento, que foram extremamente importantes para que conseguisse absorver o máximo de conhecimento.

Agradeço à minha prima Joana Teixeira por todo o apoio e confiança sempre depositada em mim.

Agradeço também aos meus colegas de laboratório Ana, Hejer e Diogo que foram excecionais comigo; agradeço muito à Sara, colega de laboratório e amiga, por tudo aquilo que me ensinou e por me mostrar uma forma exemplar de trabalhar.

Agradeço aos meus amigos, Ana Rita, Jéssica, Tânia, Nelita, Ana e Hejer por me apoiarem e estarem sempre presentes nos momentos importantes da minha vida.



Índice

ÍNDICE	1
ÍNDICE DE TABELAS	3
ABSTRACT	6
1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 A CARNE	11
2.2 QUALIDADE DA CARNE.....	12
2.3 INDICADORES DE QUALIDADE DA CARNE	12
2.3.1 O pH da carne	12
2.3.2 A cor da carne.....	13
2.3.3 Capacidade de retenção de água da carne	14
2.3.4 Tenrura da carne.....	14
2.3.5 Suculência da carne.....	15
2.3.6 Marmoreado da carne	15
2.4 FATORES QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DA CARNE.....	16
2.4.1 Fatores intrínsecos ao animal.....	16
2.4.2 Fatores extrínsecos ao animal.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 CRIAÇÃO E ALIMENTAÇÃO DOS CORDEIROS	22
3.2 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISES	22
3.3 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES INTRÍNSECAS DA CARNE.....	25
3.3.1 Humidade e matéria seca.....	25
3.3.2 Teor de cinzas.....	25
3.3.3 Teor de proteína	26
3.3.4 Teor de gordura intramuscular	28
3.3.5 Determinação do pH.....	28
3.3.6 Determinação da atividade da água	29
3.4 DETERMINAÇÃO DOS ATRIBUTOS DE QUALIDADE DA CARNE	30
3.4.1 Parâmetros colorimétricos.....	30
3.4.2 Índice de oxidação.....	30
3.4.3 Perdas por cocção.....	30
3.4.4 Tenrura mediante ensaio Warner-Bratzler	31
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	32
3.5.1 Objetivo I	32
3.5.1 Objetivos II e III	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 CARACTERÍSTICAS DA CARÇA E PROPRIEDADES INTRÍNSECAS DA CARNE	35
4.2 EVOLUÇÃO DOS ATRIBUTOS DE QUALIDADE DA CARNE DURANTE A MATURAÇÃO E SUA RELAÇÃO COM AS PROPRIEDADES INTRÍNSECAS DA CARNE.....	38
4.2.1 Atributo de cor da carne	38
4.2.2 Atributos de oxidação lipídica e capacidade de retenção de água.....	42
4.2.3 Atributos de tenrura da carne medidos pelo teste de Warner-Bratzler	47
5. CONCLUSÕES	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

Índice de Figuras

Figura 3.1: Carcaças de cordeiros no Matadouro Municipal de Bragança, Portugal, abatidas num lote de sete animais.....	21
Figura.3.2: Divisão dos músculos <i>L. thoracis</i> e <i>L. lumborum</i> para a realização de análises.....	22
Figura 3.3: Equipamentos Kjeldatherm/Vapodest para a digestão, destilação e titulação utilizando para determinação do teor de proteínas em carne.....	25
Figura 3.4: Potenciómetro Hanna HI 99163 utilizado para a medição de pH em carcaça.....	27
Figura 3.5: Analisador AquaLab utilizado para a medição de atividade da água em carnes.....	27
Figura 3.6: Analisador de textura com lâmina de corte Warner Bratzler montada para a medição de tenrura da carne.....	29
Figura 4.1: Diagrama de caixas do pH da carne medido às 24 horas pós-abate, por raça Churra Galega Bragançana (CGB) e Bordaleira de Entre Douro e Minho (BDEM).....	35
Figura 4.2: Evolução das componentes de cor L*, a*, b* da carne de cordeiro embalada ao vácuo e armazenada a 4°C durante 15 dias, separados por raça Churra Galega Bragançana (CGB) e Bordaleira-entre-Douro-e-Minho.....	38
Figura 4.3: Evolução dos TBARs e capacidade de retenção de água da carne de cordeiro embalada ao vácuo e armazenada a 4°C durante 15 dias, separado por raça Churra-Galega-Bragançana (CGB) e Bordaleira-entre-Douro-Minho.....	42
Figura 4.4: Evolução dos parâmetros de tenrura – declive, trabalho e força – da carne de cordeiro embalada ao vácuo e armazenada a 4°C durante 15 dias, separados por raça Churra-Galega-Bragançana (CGB) e Bordaleira-entre-Douro-e-Minho (BEDM).....	45

Índice de Tabelas

Tabela 3.1: Tipos de provas físico-químicas realizadas nas amostras de carne de cordeiro e os tempos análise.....	22
Tabela 3.2: Parâmetros usados para trabalhar com um KJELDATHERM System com tubos de 250 ml.....	24
Tabela 3.3: Programa utilizado na destilação a vapor.....	25
Tabela 4.1: Características das carcaças e da carne de cordeiro das raças Churra-Galega-Bragançana (CGB) e Bordaleira-entre-Douro-e-Minho (BEDM).....	34
Tabela 4.2: Efeitos das características de carcaça e propriedades intrínsecas da carne sobre o atributo de cor em coordenadas L*, a*, b* da carne de cordeiro embalada ao vácuo, avaliadas mediante parâmetros ajustados por modelos lineares mistos. A significância das fontes de variação testada em análise de variância é apresentada (p-val do teste F)	37
Tabela 4.3: Efeitos das características de carcaça e propriedades intrínsecas da carne sobre os atributos de TBARs e capacidade de retenção de água (CRA) da carne de cordeiro embalada ao vácuo, avaliadas mediante parâmetros ajustados por modelos lineares mistos. A significância das fontes de variação testada em análise de variância é apresentada (p-val do teste F)	41
Tabela 4.4: Efeitos das características de carcaça e propriedades intrínsecas da carne na queda da capacidade de retenção de água (CRA) ao longo do tempo de maturação da carne de cordeiro embalada ao vácuo. A significância das fontes de variação testada em análise de variância é apresentada (p-val do teste F)	43
Tabela 4.5: Efeitos das características de carcaça e propriedades intrínsecas da carne sobre os atributos de tenrura da carne de cordeiro embalada ao vácuo, avaliadas mediante parâmetros ajustados por modelos mistos. A significância das fontes de variação testada em análise de variância é apresentada (p-val do teste F)	46

RESUMO

Em Portugal, a produção de carne ovina e caprina constitui 2,8% da produção de carne do país, com um nível de auto-suficiência de aproximadamente 82%. Consequentemente, aumentar a produção de carne de ovino e otimizar a sua qualidade, para a tornar mais atraente para os consumidores, é essencial para garantir um nível digno de rendimento aos produtores de ovinos. A qualidade da carne, tal como é julgada pelo consumidor, é ditada principalmente pela cor, pela suculência (relacionada à capacidade de retenção de água) e pela tenrura. Os objetivos deste estudo foram: (i) avaliar as propriedades intrínsecas da carcaça e da carne de cordeiro de duas raças autóctones, a Bordaleira de Entre Douro e Minho (BEDM) e a Churra Galega Bragançana (CGB), assim como os atributos da qualidade de carne de cordeiro ao longo da maturação; e (ii) avaliar os efeitos do tempo de maturação e das propriedades intrínsecas da carcaça/carne nos atributos de qualidade da carne de cordeiro.

Um total de 30 cordeiros de raça BEDM e 30 de raça CGB foram criados em sistema semi-intensivo nas cidades de Ponte de Lima e de Bragança, respetivamente, e abatidos aos 4 meses de idade no matadouro municipal de Bragança. Após refrigeração das carcaças por 24 h, o peso da carcaça fria (PCF) e as categorias de engorda e de conformação foram anotados. Amostras do músculo *L. dorsi* foram cortadas e embaladas a vácuo e mantidas a 4°C até 15 dias. As *propriedades intrínsecas*, determinadas no 1º dia pós-abate, foram o pH final (pH₂₄), a atividade de água (a_{w24}), a humidade, o teor de gordura, o teor de proteína e o teor de cinzas. Os atributos de qualidade da carne, quantificados nos dias 3, 9 e 15 pós-abate, foram a cor no espaço L*, a*, b*, a oxidação lipídica (TBARs), a capacidade de retenção de água (CRA) e a tenrura da carne mediante a prova Warner-Bratzler (declive, trabalho e força máxima). Uma série de modelos mistos foram ajustados aos dados para avaliar os efeitos da raça e do sexo do animal, do tempo de maturação e de cada uma das propriedades intrínsecas da carne sobre os atributos de qualidade.

Nem o sexo do cordeiro nem o teor de proteína da carne tiveram qualquer influência ($p > 0,05$) nos atributos de qualidade estudados. Todos os atributos de qualidade da carne foram afetados pelo tempo de maturação ($p < 0,0001$), exceto L* ($p = 0,156$). Enquanto a*, b* e os TBARs

aumentaram durante a maturação, a CRA e os atributos do esforço de corte diminuíram no tempo. A raça influenciou ($p > 0,0001$) a componente a^* da cor e os três atributos de tenrura, apresentando-se a carne dos cordeiros BEDM mais avermelhadas e mais tenras. Contudo, este efeito do fator raça deve ser interpretado com cautela, uma vez que a raça esteve fortemente confundida com o pH_{24} (5,58 – 5,64 para a carne dos cordeiros CGB, e 5,77 – 5,83 para a carne dos cordeiros BEDM) e com o PCF (13,72 a 14,80 Kg para os cordeiros CGB e 6,45 – 7,60 para os cordeiros BEDM).

A componente b^* da cor, apesar de relacionada com a componente a^* , não foi afetada pelas propriedades intrínsecas da carcaça/carne. Para ambas as raças, a carne com pH_{24} mais alto ($p < 0,0001$), maior humidade ($p < 0,0001$) ou maior teor de cinzas ($p = 0,001$) tenderam a ser mais pálidas (L^* elevados); enquanto as carcaças com maior PCF ($p = 0,003$) ou maior teor de gordura ($p = 0,011$) produziram carne mais escura. Ao contrário, a carne com pH_{24} mais baixo ($p < 0,0001$), menor humidade ($p < 0,0001$) ou menor teor de cinzas ($p < 0,0001$) tenderam a ser mais avermelhadas (a^* elevados), enquanto as carcaças com menor PCF ($p < 0,0001$) ou menor teor de gordura ($p < 0,0001$) produziram carnes menos avermelhadas.

O grau de oxidação lipídica da carne de cordeiro não foi afetado pelo pH_{24} ($p = 0,248$), mas sim pelo PCF ($p = 0,061$), o teor de gordura ($p = 0,016$), a a_{w24} (0,028), a humidade ($p = 0,001$), e, portanto, o teor de cinzas ($p = 0,035$). Assim, maior PCF ou maior teor de gordura estiveram associados com maiores níveis de TBARs durante a maturação, enquanto carne com maior teor de humidade, de maior a_{w24} ou maior teor de cinzas, apresentaram níveis de TBARs mais baixos. No final da maturação, maior PCF ($p = 0,049$), pH_{24} mais alto ($p = 0,002$) e maior teor de gordura ($p = 0,022$) produziram maior CRA, enquanto carne com menor teor de humidade ($p = 0,014$) ou menor teor de cinzas ($p = 0,001$) tenderam a sofrer maiores perdas por cocção. No que diz respeito ao atributo de tenrura, o amaciamento ativo da carne, embalada ao vácuo, ocorreu até os 9 ou 10 dias de maturação em ambas as raças. No entanto, as propriedades determinantes ($p < 0,0001$) dos três atributos de tenrura da carne de cordeiro foram o pH_{24} e o PCF. A carne mais tenra apresentou maior pH_{24} e provieram de cordeiros com maior PCF. Adicionalmente, o teor de humidade ($p = 0,012$) e o teor de gordura ($p = 0,040$) modularam inversamente o trabalho de cisalhamento.

Palavras-chave: Raças autóctones; maturação da carne; tenrura; oxidação lipídica.

ABSTRACT

In Portugal, sheep and goat meat production constitutes 2.8% of the country's meat production, with a self-sufficiency level of approximately 82%. Increasing sheep meat production and optimising its quality to make it more attractive to consumers is therefore essential to ensure an adequate level of production for sheep producers. The quality of meat, as judged by the consumer, is mainly dictated by colour, juiciness (related to water holding capacity) and tenderness. The objectives of this study were (i) to evaluate the carcass and meat intrinsic properties of two autochthonous lamb breeds, Bordaleira-de-Entre-Douro-e-Minho (BEDM) and Churra-Galega-Bragançana (CGB), as well as quality attributes of lamb meat during maturation; and (ii) to evaluate the effects of maturation time and carcass/meat intrinsic properties on lamb meat quality attributes.

A total of 30 BEDM and 30 CGB lambs were reared in a semi-intensive system in the towns of Ponte de Lima and Bragança, respectively, and slaughtered at 4 months of age under identical conditions at the slaughterhouse. After carcass refrigeration for 24 h, the cold carcass weight (CCW) and the fattening and conformation categories were annotated. Samples of *L. dorsi* muscle were cut, vacuum-packed and kept at 4°C for 15 days. Intrinsic properties, determined on day 1 after slaughter, were: ultimate pH (pH₂₄), water activity (a_{w24}), humidity, fat content, protein content and ash content. The meat quality attributes, quantified on days 3, 9 and 15 after slaughter, were: colour in L*, a*, b* space, lipid oxidation (TBARs), water retention capacity (WRC) and meat tenderness by Warner-Bratzler test (slope, work and maximum force). A series of mixed models were adjusted to assess the effects of animal breed and sex, maturation time and each of the intrinsic properties of meat on the quality attributes.

Neither lamb's sex nor meat protein content had any influence ($p > 0.05$) on the quality attributes studied. All quality attributes were affected instead by maturation time ($p < .0001$) excepting L* ($p = 0.156$). While a*, b* and TBARs increased over time, WRC and shear force attributes decreased over time. Lamb breed influenced the colour component a* and the three tenderness attributes ($p > .0001$), with BEDM meats being more reddish and tender than CGB meats.

However, the significance of the breed factor should be interpreted with caution, since breed was strongly confounded with pH_{24} (5.58 - 5.64 for CGB meat and 5.77 - 5.83 for BEDM meat) and with CCW (13.72 to 14.80 Kg for CGB and 6.45 - 7.60 for BEDM).

The colour component b^* , although related to component a^* , was not affected by any carcass/meat intrinsic properties. For both breeds, meats with higher pH_{24} ($p < .0001$), higher humidity ($p < .0001$) or higher ash content ($p = 0.001$) tended to be paler (higher L^*); while carcasses with higher CCW ($p = 0.003$) or higher fat content ($p = 0.011$) produced darker meats. In contrast, meat with lower pH_{24} ($p < .0001$), lower humidity ($p < .0001$) or lower ash content ($p < .0001$) tended to be more reddish (higher a^*), while carcasses with lower CCW ($p < .0001$) or lower fat content ($p < .0001$) produced less reddish meats.

The lipid oxidation degree of lamb meat was not regulated by pH_{24} ($p = 0.248$), yet by CCW ($p = 0.061$), fat content ($p = 0.016$), a_{w24} ($p = 0.028$), humidity ($p = 0.001$), and therefore ash content ($p = 0.035$). Higher PFC or higher fat content was associated with higher TBARs levels during maturation, while meat of higher moisture, higher a_{w24} or higher ash content had lower TBARs. During maturation, higher CCW ($p = 0.049$), higher pH_{24} ($p = 0.002$) or higher fat content ($p = 0.022$) tended to produce higher CRA, while meat with lower moisture ($p = 0.014$) or lower ash content ($p = 0.001$) tended to suffer higher cooking loss. With regards to the tenderness attribute, the active tenderization of vacuum-packed lamb meat for both breeds occurred until 9 or 10 days of maturation. However, regardless of breed, the main properties determining the three tenderness attributes of lamb meat were pH_{24} and CCW ($p < .0001$). Tender lamb meats were those with higher pH_{24} or those with higher CCW. In addition, moisture content ($p = 0.012$) and fat content ($p = 0.040$) inversely modulated shear work.

Keywords: Local breeds; meat maturation; tenderness; lipid oxidation; water retention capacity

1. Introdução

A ovinocultura é uma atividade de elevada importância económica, uma vez que estes animais são produtores de carne, de leite, de lã e de peles. Em Portugal, a produção de carne ovina e caprina constitui 2,8% da produção de carne do país (INE, 2016). Neste sector, o nível de auto-suficiência é de aproximadamente 77% na União Europeia (UE) e 82% em Portugal (Santos-Rodrigues *et al.*, 2019). Consequentemente, aumentar a produção de carne de ovino e otimizar a sua qualidade, para a tornar mais atraente para os consumidores, é essencial para garantir um nível de rendimento digno aos produtores de ovinos.

Os países do norte da UE produzem carcaças de cordeiro pesadas (com peso superior a 13 kg), enquanto os países mediterrânicos produzem carcaças mais leves (peso inferior a 13 kg). Nos países do Sul, com preferência por carcaças leves, a produção de carcaças pesadas pode afetar o nível de auto-suficiência, o preço de mercado e o rendimento dos produtores, que é o mais baixo no sector pecuário.

A produção ovina portuguesa caracteriza-se por uma grande diversidade de sistemas de produção, todos baseados em sistemas de pastoreio (Santos-Rodrigues *et al.*, 2019) com base na utilização de pastagens naturais e na utilização de resíduos agrícolas (Cruz *et al.*, 2019); estes são aproveitados pelos sistemas de pastoreio de percurso, tão característicos da produção nacional de ovinos e caprinos.

Estes sistemas de produção animal caracterizam-se pela grande heterogeneidade e têm contribuído para a manutenção do equilíbrio ecológico das pastagens naturais, da riqueza ambiental e sociocultural das paisagens do nosso país. Por outro lado, a União Europeia tem fomentado a manutenção e mesmo o desenvolvimento dos sistemas de produção animal extensivos, capazes de contribuir para reduzir a poluição, manter ou aumentar a biodiversidade e conservar ou modelar a paisagem.

As dezasseis raças de ovinos autóctones nacionais, além de contribuírem para a diversidade dos sistemas de produção, constituem um importante património genético que devemos preservar. Algumas destas raças, classificadas como ameaçadas, apresentam pequeno tamanho corporal e boa adaptação a ambientes adversos (clima e orografia), o que as torna especialmente bem adequadas à utilização e à valorização de pastagens naturais.

O consumidor atual é sensível às práticas de manejo capazes de melhorar o bem-estar dos animais, estes estão disponíveis para pagar um preço mais elevado por produtos certificados com selos de qualidade. Desta forma, a valorização da carne das raças autóctones poderá contribuir para a preservação do mundo rural e da sua diversidade, bem como para aumentar a rentabilidade destes sistemas de produção. Desta forma, podemos garantir a conservação das raças autóctones ameaçadas e melhorar o nível de vida dos produtores de ovinos que ainda trabalham nas regiões rurais do nosso país.

Duas das raças de ovinos autóctones exploradas para a produção de carne, a Churra Galega Bragançana (CGB) e a Bordaleira de Entre Douro e Minho (BEDM), a primeira com o seu solar de criação na bioregião mediterrânica, concelho de Bragança e, a segunda na bioregião atlântica, concelho de Ponte de Lima (Cruz *et al.*, 2019). O crescimento dos cordeiros pode ser afetado por vários fatores, como: o sistema de produção, a época do nascimento, o tipo de nascimento, o sexo, entre outros (Joy *et al.*, 2008; Ekiz *et al.*, 2012). Em Portugal, a produção de carne de cordeiro ocorre fundamentalmente em dois sistemas de produção tradicionais (Simões e Mendes, 1998):

1. Carcaças muito leves, com peso inferior a 7 kg, provenientes de cordeiros alimentados exclusivamente à base de leite;
2. Carcaças leves, com peso entre 7 e 13 kg, provenientes de cordeiros criados em sistema de pastoreio conjuntamente com as suas mães.

Quando explorados para a produção de carne, os parâmetros de crescimento, como peso ao nascimento e ganho de peso vivo, são indicadores importantes da produtividade dos rebanhos e dos sistemas de produção. O seu conhecimento é importante no processo de tomada de decisão em aspetos como a seleção de reprodutores e o manejo geral dos rebanhos para otimizar o crescimento dos cordeiros e, assim, os benefícios económicos para os produtores.

Embora a qualidade da carne seja um conceito multifatorial, o qual é regulado tanto por uma série de fatores intrínsecos como extrínsecos ao animal; a sua avaliação pelo consumidor, a qualidade é ditada principalmente pela cor, pela suculência (relacionada com a capacidade de retenção de água) e pela tenrura. É preciso, portanto, entender como as propriedades intrínsecas da carcaça e da carne afetam ou regulam os atributos de qualidade de carne, de forma que os produtores de carne de cordeiro de raças autóctones possam otimizar e enfrentar os desafios impostos pela heterogeneidade dos intervenientes da cadeia de produção, assim como os desafios de produtos bem diferenciados de qualidade homogénea, procurados pelo consumidor.

Assim, os objetivos deste estudo foram:

- (i) Avaliar as propriedades intrínsecas da carcaça (*i.e.*, peso de carcaça fria, grau de gordura subcutânea e conformação) e as propriedades intrínsecas da carne (*i.e.*, pH final, atividade da água e composição proximal) de cordeiros de duas raças autóctones, a Bordaleira de Entre Douro e Minho (BEDM) e a Churra Galega Bragançana (CGB);
- (ii) Avaliar a evolução dos atributos de qualidade da carne (*i.e.*, cor, oxidação lipídica, perdas por cocção e tenrura) embalada a vácuo durante a maturação; e
- (iii) Entender, mediante modelos mistos, as inter-relações entre o tempo de maturação e as propriedades intrínsecas da carcaça/carne com os atributos de qualidade da carne de cordeiro.

2. Revisão de Literatura

2.1 A carne

A carne obtém-se pelo abate do animal por insensibilização, sangria, esfolação, evisceração, corte da cabeça (nos ovinos e caprinos de pesos baixos as carcaças mantêm a cabeça) e da parte anterior dos membros. Após este procedimento obtemos a carcaça, que é definida como “o corpo dos animais de carne, desprovido das vísceras torácicas, abdominais e pélvicas, exceto os rins, com pele (suínos) ou sem pele, patas e cabeça”.

De uma forma simples, a carne pode ser definida como o tecido muscular de animais usado na alimentação humana. Assim, a carne é o conjunto de tecidos musculares, com os seus vasos sanguíneos, nervos, tendões, aponevroses, gorduras e ossos aderentes, provenientes de animais aprovadas oficialmente para consumo público.

A carne é uma excelente fonte de proteína de alta qualidade, de vitaminas do grupo B, de ferro e apresenta-se de fácil digestão (Schweigert, 1994). A carne dos ruminantes possui uma boa relação de ácidos gordos polinsaturados versus saturados, o que representa uma vantagem na alimentação do ser humano (Enser et al., 1998). A grande heterogeneidade da carne e a subjetividade dos atributos de qualidade fazem com que se torne difícil definir o conceito de qualidade da carne. O conceito de qualidade da carne varia ao longo das cadeias de produção e de comercialização (Berian, 1998) e engloba várias dimensões como o valor nutritivo, a aceitabilidade, o efeito na saúde humana entre outras (Risvik, 1994).

A carne de cada espécie animal apresenta um odor característico, que lhe é transmitido pela gordura presente na carne. O termo “qualidade de carne” é muito vasto e a sua caracterização obriga à consideração de diversos fatores, todavia as propriedades físico-químicas da mesma; tal como o pH, a cor, a dureza e a capacidade de retenção de água são bons indicadores da qualidade da carne.

2.2 Qualidade da carne

O conceito de ‘Qualidade da Carne’ é muito difícil de definir devido à heterogeneidade intrínseca da mesma e ao grau de subjetividade dos atributos que se consideram importantes (cor, textura, suculência, sabor, etc.). Portanto, o conceito de qualidade varia não apenas ao longo da cadeia de produção e comercialização, mas também das exigências específicas de cada mercado de consumidores. A grande diversidade de sistemas de produção e o elevado número de raças de ovinos conduzem a uma ampla gama de produtos disponíveis para consumidor. Assim, na União Europeia (UE) encontramos diversos tipos comerciais de carne de cordeiro, que se distinguem pelo diferente peso da carcaça e pelas características organolépticas da carne, a qual pode apresentar-se com cor rosa claro, com *flavour* muito suave, a carne vermelha com elevado teor de gordura e de *flavour* mais intenso e característico. Em geral, os consumidores dos países da Europa do Norte preferem carne proveniente de carcaças pesadas (peso superior a 13 kg.); já os consumidores dos países da bacia mediterrânica preferem carne proveniente de carcaças ligeiras (peso inferior a 13 kg). Esta heterogeneidade na carne de cordeiro representa um desafio para os produtores de carne de cordeiro, uma vez que cada vez mais os intervenientes na cadeia de produção (distribuição e consumidores) procuram produtos bem diferenciados, mas homogéneos (Berian, 1998).

2.3 Indicadores de qualidade da carne

2.3.1 O pH da carne

Após o abate do animal, a evolução do pH apresenta um efeito determinante na transformação do músculo em carne, estando ligado ao desenvolvimento do *rigor mortis*. O pH final da carne (pH medido às 24 horas após o abate) afeta a qualidade da carne fresca, bem como dos produtos derivados (Osório e Osório, 2000). No animal vivo, o pH do músculo apresenta valores entre 7,3 e 7,5, que decresce após o abate para valores que podem atingir o mínimo de cerca 5,4. Todavia, a extensão da queda do pH após abate está associado à extensão glicólise anaeróbica, conversão de glicogénio em ácido láctico, a qual depende das reservas de glicogénio de que o animal dispõe no momento do abate. Assim, a formação de ácido láctico é responsável pela acidificação do músculo e pelo abaixamento do pH, em condições normais. A carne de cordeiro

o pH final, medido 24 horas após o abate, estabiliza em valores entre 5,5 e 5,8 (Prates, 2000). O valor final e curva de queda (velocidade) do pH da carne exercem influência nas propriedades físico-químicas da carne, a saber: na cor, na textura, na capacidade de retenção de água; bem como no tempo de prateleira da mesma (Ramos e Gomide, 2007).

A carne com pH elevado, usualmente designada carne DFD (dry, firm and dark), apresenta menor tempo de prateleira, uma vez que o pH elevado é mais favorável ao crescimento microbiano. Por outro lado, quando o pH baixa de forma abrupta, imediatamente após o abate, abaixamento este associado à sensibilidade dos animais ao stress, dá origem a carne dita PSE (pale, soft and exudative), a qual apresenta maiores perdas durante o processo de refrigeração.

2.3.2 A cor da carne

A cor da carne é avaliada pelo sistema CIELAB (CIE, 1977), o qual define que a cor é percebida como um atributo visual que se compõe de uma combinação de conteúdos cromáticos e acromáticos. Os parâmetros deste método são definidos pelo L (Luminosidade), o a* (oposição visual entre o vermelho-verde) e o b* (oposição visual entre amarelo e azul). A cor da carne, apesar de não ter uma relação direta com a sua qualidade, apresenta um efeito de primordial importância na decisão de compra do consumidor. A cor da carne reflete, essencialmente, a quantidade e o estado químico do principal pigmento desta: a mioglobina. A mioglobina é responsável pela cor da carne, na qual pode existir como oximioglobina (MbO₂, cor vermelho vivo), mioglobina (Mb, cor vermelho púrpura) ou como metamioglobina (MMb, cor castanha). Na carne fresca, podemos encontrar em equilíbrio as três formas da mioglobina. A cor preferida dos consumidores é a vermelho vivo (predomina a oximioglobina); e a carne escura (predomina a metamioglobina) é menos apreciada e mesmo rejeitada pelos consumidores, uma vez que a associam a carne deteriorada ou como proveniente de animais velhos. No momento do corte, a carne apresenta-se de cor púrpura, com predomínio da mioglobina, após exposição ao oxigénio a carne adquire a cor vermelho vivo, resultado da oxidação de mioglobina a oximioglobina. Após um longo período de exposição ao oxigénio, a oximioglobina dá origem à metamioglobina de cor castanho escuro (Mancini and Hunt, 2005).

Por outro lado, a cor da carne é, também, influenciada pelo pH final da mesma, tal como foi descrito no ponto anterior. Na carne DFD, o músculo com pH mais elevado retém mais água e

adquire uma coloração escura e na carne PSE, o rápido decréscimo do pH dá uma coloração clara (Park and Lee, 2007; Ijaz et al., 2020).

2.3.3 Capacidade de retenção de água da carne

A capacidade de retenção de água (CRA) é uma propriedade importante na caracterização dos produtos cárneos, uma vez que influencia a sua qualidade. A CRA pode ser interpretada como a capacidade da carne para reter parcial ou totalmente a sua própria água. Reduzir a perda de água da carne é importante, uma vez que a água da carne condiciona a sua tenrura e suculência. De facto, a suculência da carne cozinhada depende da água retida durante o processo, carne que retém mais água será percebida como mais suculenta.

A CRA é definida como a habilidade da carne em reter a sua água durante a aplicação de forças externas, como por exemplo o corte e a prensagem (Cheng and Sun, 2008); espera-se que tenha associação com a suculência percebida pelo consumidor aquando da sua mastigação. Carne com baixa CRA, apresenta elevadas perdas de peso durante a refrigeração e o armazenamento, pelo que resulta em perdas no valor nutritivo, em carne mais seca e mais dura. A CRA é mais baixa quando a carne apresenta pH entre 5,2 e 5,3, o que ocorre quando os animais são sensíveis ao stress (Rosenvold and Andersen, 2003).

2.3.4 Tenrura da carne

A perceção da textura da carne resulta de um conjunto de sensações, todavia a tenrura é o parâmetro mais importante no estudo da qualidade da carne. A tenrura pode ser definida como a facilidade com que a carne se deixa mastigar e divide-se na facilidade de penetração, de corte e na resistência de rotura das miofibrilas ao longo da mastigação (Sañudo, 1991). A tenrura da carne é a característica que mais determina a perceção da sua qualidade; esta é responsável pela sua aceitação bem como pela repetição da compra pelos consumidores. Este aspeto é, tradicionalmente, refletido pela diferenciação de preço das diversas peças da carcaça, sendo que as peças mais tenras apresentam preços mais elevados. Este carácter da carne pode ser avaliado pela resistência ao corte da carne cozida ou resistência à mastigação avaliada por provadores treinados (Dransfield, 1994).

No entanto, a força de cisalhamento de Warner-Bratzler (Asenjo et al., 2005), tratando-se de um método objetivo e simples de executar, é o método mais utilizado para avaliar tenrura da

carne. A tenrura da carne está diretamente associada ao seu teor de colagénio, o qual aumenta com o aumento da idade do animal. Assim, a carne de animais mais velhos apresenta maior número de ligações cruzadas termo-estáveis do colagénio, o que torna a carne menos tenra e menos solúvel à cocção, refletindo-se em maior força de cisalhamento. O teor em gordura da carne, avaliado pelo revestimento em gordura subcutânea das carcaças e pelo teor de gordura intramuscular, também influenciam a tenrura da carne. Por um lado, a carne com maior teor em gordura, proveniente de carcaças mais gordas, produz maior sensação de tenrura uma vez que a gordura está associada a uma sensação aparente de suculência que estimula o fluxo salivar durante a mastigação (Sañudo, 1991).

2.3.5 Suculência da carne

A suculência da carne é percebida de duas formas: a primeira, resulta da libertação de água no início da mastigação; a segunda, resulta da salivação devido ao efeito estimulante da gordura (Sañudo, 1991). Assim, a carne de animais jovens apresenta uma suculência inicial elevada em resultado do maior teor de água da sua carne. Todavia, o baixo teor de gordura torna a carne menos suculenta no final da mastigação. Por outro lado, animais mais velhos, com maior teor de gordura na sua carcaça, apresentam maior suculência no final da mastigação, pelo que se apresentam ao consumidor como de maior suculência já que esta permanece no tempo. Além deste aspeto, a carne com maior teor de gordura perde menos água durante a cozedura, o que se associa a maior suculência (Sañudo, 1991).

2.3.6 Marmoreado da carne

A gordura intramuscular da carne é, vulgarmente, designada por marmoreado e desempenha um papel fundamental nas características organoléticas da carne (Phelps *et al.*, 2018). Além dos seus efeitos positivos na tenrura e na suculência da carne, a gordura possui ácidos gordos voláteis, cuja libertação durante a mastigação estimulam as papilas gustativas e transmitem sinais agradáveis ao paladar (Phelps *et al.*, 2018). Assim, o estado de engorda do animal aquando do abate exerce um efeito importante na perceção de qualidade da carne pelos consumidores. Por outro lado, o marmoreado é um tecido tardio, ou seja, a deposição deste tecido ocorre numa fase tardia do crescimento dos cordeiros, pelo que a obtenção de carne com marmoreado obriga a abater os cordeiros a idades maiores.

2.4 Fatores que influenciam na qualidade da carne

2.4.1 Fatores intrínsecos ao animal

2.4.1.1 Efeito do sexo

A igual idade/peso, as carcaças das fêmeas têm, geralmente, maior teor em gordura subcutânea (GS) e com distribuição mais uniforme que os machos (Jeremiah et al., 1997), aumentando a uniformidade da GS com o aumento do peso de abate dos cordeiros. Esta camada de GS protege a carne durante o processo de refrigeração, evitando o processo de encurtamento pelo frio, pelo que pode contribuir para a obtenção de carne mais tenra. Todavia, vários autores (Huidobro et al., 1998; Ruiz de Huidobro et al., 2001; Vergara et al., 1999; Vergara and Gallego, 1999) mostraram que o sexo do cordeiro não é determinante para a qualidade da carne.

Todavia, quando comparadas à mesma idade ou ao mesmo peso, as fêmeas apresentam-se mais próximas da maturidade sexual, pelo que apresentam carcaças com maior teor de gordura do que os machos (Santos et al., 2007). De facto, nestes últimos, a produção de testosterona dá-lhe maior capacidade para depositar músculo e, por isso, a deposição de gordura ocorre mais tardiamente. Os machos quando castrados perdem parte da sua capacidade de depositar músculo, pela ausência de testosterona, pelo que depositam mais gordura que os machos não castrados e menos que a fêmeas.

Assim, vários autores referem a influência do sexo do animal na qualidade da carne, todavia os trabalhos comparam os machos e as fêmeas abatidos ao mesmo peso e não ao mesmo grau de maturidade. As diferenças observadas refletem as diferenças no estado de engorda dos animais e não o efeito do sexo. O trabalho de Bonacina et al. (2011), realizado com machos e fêmeas desmamados aos 70 dias de idade, mostra este efeito uma vez que a carne das fêmeas se apresentou mais tenra (4,96 versus 4,21 kgF) do que a carne dos machos. Todavia, a carne das fêmeas apresentou maior teor em gordura intramuscular (4,01 versus 2,93%), pelo que neste estudo os machos e as fêmeas são comparados a diferentes graus de maturidade, o que se reflete nos resultados encontrados. Assim, a comparação de machos e fêmeas deve realizar-se ao mesmo grau de maturidade, para obter o mesmo estado de engorda, pelo que as fêmeas devem ser abatidas a idade/peso inferior à dos machos castrados, e estes a idades inferiores à dos machos inteiros. No que diz respeito ao pH da carne, o sexo não é determinante desta

característica tal como mostram os resultados obtidos por Teixeira *et al.* (2005) e Santos-Rodrigues *et al.* (2019).

2.4.1.2 Efeito da idade

A carne de cordeiros mais velhos possui mais gordura, pelo que a tenrura da carne cozinhada aumenta (Jeremiah *et al.*, 1998). Resultados similares foram apresentados por Rodrigues *et al.* (2006), em cordeiros das raças Suffolk e CGB, e Santos *et al.* (2007), em cordeiros da raça Churra da Terra Quente, os quais mostraram que o teor em gordura da carcaça aumenta com o aumento do peso vivo dos cordeiros. O aumento da idade/peso ao abate dos cordeiros está associado positivamente com o escurecimento da carne (Huidobro *et al.*, 1998), uma vez que com o crescimento ocorre um aumento da quantidade de pigmentos (mioglobina), na carne que são responsáveis pelo aumento da intensidade da cor da carne.

O trabalho de Feijó *et al.* (2009), que relacionou a idade e sexo dos cordeiros com a qualidade de carne, até uma idade média de 18 meses, mostrou que os consumidores não foram capazes de detetar diferenças na cor, no sabor e na tenrura da carne. Os resultados da literatura (Gularte *et al.*, 2000) são consistentes no efeito da idade no aumento da dureza da carne. Da mesma forma, devido à relação direta entre a idade do cordeiro e o peso da carcaça, a dureza da carne aumenta com o aumento do peso da carcaça. No entanto, Devine *et al.* (1993) observaram um reduzido efeito da idade na tenrura da carne de cordeiro, considerando que esta possui colagénio mais solúvel do que o colagénio da carne de bovino.

2.4.1.3 Efeito do genótipo

A fração lipídica da carne, composição em ácidos gordos, é responsável pelas diferenças de sabor e de suculência entre e dentro das espécies pecuárias (Horstein and Wasserman, 1994). A carne de cordeiro apresenta um *flavour* predominante a animal e um sabor pronunciado a gordura (Cross, 1994). Vários trabalhos (Safari *et al.*, 2001; Santos-Silva *et al.*, 2002) não identificaram efeitos do genótipo na qualidade da carne de cordeiro. Todavia, as raças que expressam hipertrofia muscular apresentam carcaças com maior percentagem de carne magra (Koohmaraie *et al.*, 1995), a sua carne apresenta-se mais dura e menos suculenta (Shackelford *et al.*, 1997). Os cordeiros com hipertrofia muscular apresentam maior atividade da enzima

calpastatina o que reduz a extensão da proteólise post mortem (Koohmaraie *et al.*, 1995). Em relação ao pH, a maior parte dos estudos (Teixeira *et al.*, 2005) já conduzidos não identificam de forma clara a influência da genética neste.

2.4.2 Fatores extrínsecos ao animal

2.4.2.1 *Efeito da alimentação/Sistema de produção*

A dieta e o sistema de alimentação podem influenciar direta e indiretamente a qualidade de carne, no entanto os seus efeitos são, muitas vezes, confundidos com a idade. De facto, quando os cordeiros são abatidos em idades precoces, pode não ser possível identificar o efeito da dieta na qualidade da carne (Frescura *et al.*, 2005). O sistema de produção e a alimentação influenciam na cor da carne de cordeiro: os cordeiros criados em sistemas extensivos, alimentados à base de pastagens, apresentam carne de coloração mais escura, resultado da maior concentração de mioglobina no músculo (Vestergaard *et al.*, 2000) devido à ingestão de carotenos presentes nas forragens. A cor também é influenciada pelo teor em gordura da carne, sendo que carne com maior percentagem de ácidos gordos insaturados está associada a cor mais amarela. O odor da carne de cordeiro pode ser intensificado com o aumento do peso de abate. Dietas que promovam a deposição de gordura intramuscular (marmoreado) contribuem para aumentar a tenrura da carne. Todavia, o sistema de produção não influencia a concentração de colagénio na carne de cordeiro (Díaz *et al.*, 2002). Contudo, a solubilidade do colagénio é superior quando os cordeiros são criados em sistema intensivo, pelo que a tenrura da carne pode aumentar (Priolo *et al.*, 2002). Sistemas de produção que aumentem a deposição de gordura na carcaça (maior densidade energética das dietas) conduzem a carnes mais tenras e com maior *flavour*. De facto, Sañudo *et al.* (2000) reportaram carne mais tenra e com maior intensidade *flavour* em carne de cordeiro com maior teor em gordura.

2.4.2.2 *Efeito da suplementação com vitaminas*

As vitaminas têm funções em diversos processos metabólicos, pelo que desempenham importantes funções no reforço do sistema imunitário, na formação dos tecidos e na

manutenção da estrutura e funções celulares. Apesar de serem ativas em pequenas quantidades, são indispensáveis ao crescimento. Os animais não têm a capacidade de sintetizar vitaminas, pelo que temos que assegurar o seu fornecimento através da alimentação.

As vitaminas classificam-se segundo a sua solubilidade em lipossolúveis (A, D, E e K) e hidrossolúveis (todas aquelas que não fazem parte do grupo anterior). Quando fornecidas em excesso, as vitaminas hidrossolúveis são excretas, principalmente pela urina, pois o organismo não tem capacidade de as armazenar. Já as vitaminas lipossolúveis são armazenadas no tecido adiposo, pelo que os animais podem dispor de reservas obtidas em períodos de excesso alimentar.

Dada a sua importância no desempenho dos animais, as vitaminas são utilizadas como suplementos alimentares. Assim, a suplementação com vitamina E é importante pelas suas ações na estabilidade lipídica e na cor da carne, uma vez que é um antioxidante potente (Li *et al.*, 2009; Pompeu *et al.*, 2018). Assim, a suplementação alimentar com quantidades adequadas de vitamina E, reduz a suscetibilidade à oxidação lipídica, as perdas por gotejamento e a formação da metamioglobina, pelo que aumenta a vida de prateleira da carne (Ripoll *et al.*, 2011; Zhao *et al.*, 2013).

A suplementação com vitamina D melhora a qualidade da carne, contribuindo para uma maior concentração de cálcio nos músculos, pelo que melhora a atividade das enzimas proteolíticas cálcio-dependentes e desta forma melhora a tenrura da carne (Póltorak *et al.*, 2017). No entanto, é importante ter presente que a vitamina D tem ação tóxica (Marcinowska-Suchowierska *et al.*, 2018), apresentando ações na descalcificação e no enfraquecimento do esqueleto, bem como contribui para a calcificação dos tecidos moles (articulações e rins) e das artérias (Umar *et al.*, 2018).

2.4.2.3 Efeito da suplementação com minerais

As funções dos minerais incluem funções estruturais e de catalisadores enzimáticos e hormonais, esta função associada à forma iónica dos minerais presentes nos fluidos e líquidos intra e extracelulares. Os minerais podem agrupar-se em três categorias distintas:

1. Componentes estruturais dos órgãos e dos tecidos corporais, tais como: o cálcio, o fósforo, o magnésio e o flúor (ossos e dentes), e o fósforo e o enxofre (proteínas musculares);
2. Componentes dos fluidos e dos tecidos corporais, que atuam como eletrólitos para manutenção da pressão osmótica, no balanço ácido-base e na permeabilidade das membranas celulares, tais como: o sódio, o potássio, o cloro, o cálcio e o magnésio;
3. Componentes de metalo-enzimas ou de ativadores menos específicos que atuam como catalisadores do sistema enzimático e humoral.

Assim, a suplementação alimentar com minerais é uma ferramenta com potencial para modificar o desempenho de crescimento dos animais e da qualidade da sua carne. Por exemplo, o selênio é um micronutriente presente na enzima glutatona peroxidase, a qual é responsável pela oxidação em compostos tóxicos, protegendo as células do ataque dos radicais livres e da oxidação (Kharb *et al.*, 2017). A sua ação é semelhante à da vitamina E, pelo que diminui a oxidação lipídica da carne, contribuindo para aumentar o tempo de vida de prateleira.

O crómio é um facilitador da interação entre insulina e os seus recetores dos tecidos muscular e adiposo, atuando como um fator de tolerância à glicose e modula a atividade da insulina (Ohh and Lee, 2005; Yan *et al.*, 2010; Moreno-Camarena *et al.*, 2013). Moreno-Camarena *et al.* (2015), num estudo com cordeiros, não observou um efeito positivo no crescimento dos cordeiros, mas melhorou a conformação muscular das carcaças. O magnésio atua ao nível da contração muscular, sendo importante para o relaxamento muscular (Teixeira *et al.*, 2013). Assim, a suplementação com este mineral contribui para atenuar os efeitos do stress (Lipiński *et al.*, 2011). A suplementação com magnésio reduz a libertação de catecolaminas e potencia o efeito da insulina, facilitando a formação de glicogénio muscular (Lipiński *et al.*, 2011), pelo que pode reduzir a incidência de carne DFD, melhorando a queda do pH após o abate.

2.4.2.4 Efeito do stress pré-abate

Dos todos os fatores pré-abate, o stress pré-abate é o que mais pode influenciar a qualidade da carne de cordeiro. De facto, este efeito pode impactar a cor, a capacidade de retenção de água, o pH final e a sua evolução imediatamente após o abate. Assim, o stress pré-abate condiciona

o processo de conversão do músculo em carne, condicionando a tenrura e a capacidade de maturação da carne. O stress pode ser definido como a ação de todos os mecanismos de defesa do animal em resposta a um estímulo provocado por um agente stressante. Quando submetidos a situações de stress, os animais desencadeiam reações, aumentando a temperatura corporal, a frequência respiratória, a concentração de cortisol sérico, e a taxa de glicólise com abaixamento do pH dos tecidos.

Assim, quando os animais são submetidos a situações de stress pré-abate, podem ocorrer duas situações distintas: a primeira, na presença de reservas de glicogénio o rápido abaixamento do pH provoca a desnaturação das proteínas do músculo, conduzindo a um rápido estabelecimento do *rigor mortis*, conduzindo à produção de carne PSE; a segunda, se a situação de stress se prolongar e conduzir ao esgotamento das reservas de glicogénio, o abaixamento do pH será impossível uma vez que não ocorrerá a produção de ácido láctico, pelo que esta situação dará origem a carnes DFD (Maganhini *et al.*, 2007; Alves *et al.*, 2016; Ponnampalam *et al.*, 2017). No entanto, os ruminantes dispõem de mecanismos de resistência ao stress (Sañudo, 1991), pelo que mesmo em situações de stress moderado raramente estes animais apresentarão situações de pH elevado. Todavia, é essencial reduzir o stress dos animais durante o crescimento e no pré-abate para garantir a produção de carne com pH final ótimo.

3. Material e Métodos

3.1 Criação e alimentação dos cordeiros

Os cordeiros de duas raças autóctones foram criados em duas bio-regiões da União Europeia. Na região Mediterrânea, no concelho de Bragança, os cordeiros de raça Churra Galega Bragançana (CGB) foram criados na exploração da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança. Na região Atlântica, no concelho de Ponte de Lima, os cordeiros de raça Bordaleira entre Douro e Minho (BEDM) foram criados também na exploração da Escola Superior Agrária de Ponte de Lima.

Em ambas bio-regiões, o sistema de produção utilizado foi o semi-intensivo, onde a base da alimentação nos rebanhos foi o pastoreio em pastagens naturais. As horas de pastoreio variaram em função as horas de luz, do calor e do tamanho do rebanho. No inverno, os rebanhos saem pela manhã e andam em pastoreio todo o dia até escurecer. No verão, os rebanhos saem da madrugada e andam em pastoreio até o meio da manhã, sendo depois estabulados à sombra, e tornavam a sair quando o calor diminuía. Uma vez nas instalações, os cordeiros tinham acesso a feno de prado natural, palha e alimento concentrado e água *ad libitum*. Os cordeiros não foram desmamados, e foram criados no outono do 2018 e na primavera de 2019. Para este trabalho, utilizaram-se 15 cordeiros de raça BEDM e 15 de raça CGB criados em 2018, e 15 cordeiros de raça BEDM e 15 de raça CGB criados em 2019.

3.2 Preparação das amostras para análises

Os cordeiros foram abatidos aos 4 meses de idade, tendo sido registado as respetivas pesagens. Os abates, e por conseguinte as análises, foram levadas a cabo em lotes (Figura 3.1): no ano 2018 abateram-se três lotes de cordeiros CGB (de 5 animais cada) e três lotes de cordeiros

BEDM (de 5 animais cada), e no ano 2019 abateram-se dois lotes de cordeiros CGB (de 7 e 8 animais cada) e dois lotes de cordeiro BEDM (de 7 e 8 animais cada).

Os cordeiros foram abatidos no matadouro municipal de Bragança, de acordo com as normas vigentes, é de alguma importância referir que os cordeiros da raça BEDM foram sujeitos a um número de horas em transporte superior ao dos cordeiros da raça CGB ; e as carcaças obtidas foram refrigeradas a 4 °C durante 24 horas. Após este período, foram anotados o peso de carcaça fria (em Kg) e as classificações do estado de engorda e de conformação SEUROP, conforme Regulamento 461/93 (Silva *et al.*, 2007). Após dividir as carcaças em metades, os músculos *L. lumborum* direito e esquerdo foram cortados e embalados a vácuo e mantidos refrigerados a 4 °C até 15 dias após o abate. Estas amostras foram utilizadas para as provas de tenrura e perdas por cocção. As amostras de músculo *L. dorsi* da metade direita, cortado entre a 6ª e a 13ª costela, foram utilizadas para a realização das análises físico-químicas (Figura 3.2). Como já foi indicado, as análises foram efetuadas em lotes, conforme os lotes de abate.



Figura 3.1: Carcaças de cordeiros da raça CGB no Matadouro Municipal de Bragança, Portugal

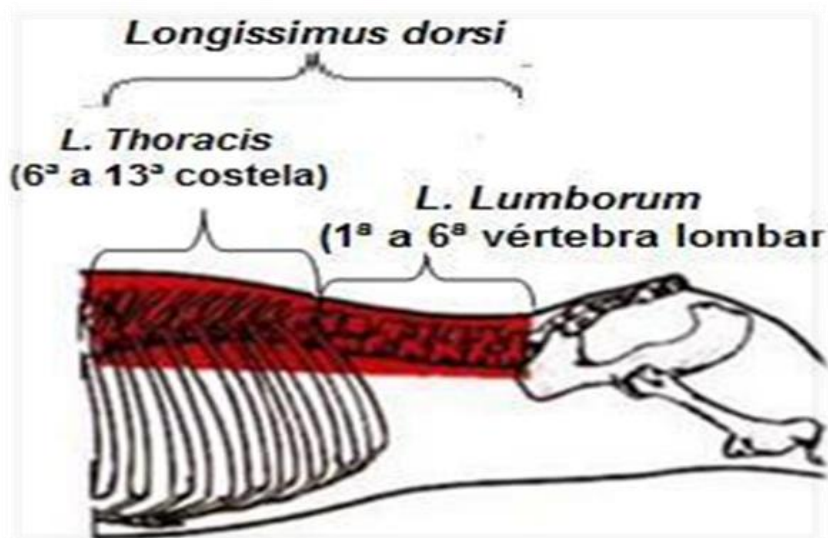


Figura 3.2: Esquema de divisão dos músculos *L. thoracis* e *L. lumborum* para a realização de análises

Para as análises físico-químicas da carne, o dia de abate foi considerado como dia 0, no dia 1 foram medidos o pH, a atividade da água, a humidade e a matéria seca, o teor de gordura, o teor de proteína e o teor de cinzas. Estas análises, realizadas nas amostras num só ponto no tempo, serão referidas a partir de agora como *propriedades intrínsecas da carne*. Nos dias 3, 9 e 15, foram realizadas determinações de cor no espaço L*, a*, b*, de TBARs, de perdas por cocção e de tenrura da carne mediante a prova Warner-Bratzler. Estas propriedades repetidas no tempo serão referidas como *atributos de qualidade da carne*. Esta informação está compilada na Tabela 3.1, e a seguir apresenta-se uma descrição de cada um destes ensaios.

Tabela 3.1: Tipos de provas físico-químicas realizadas nas amostras de carne de cordeiro e seus tempos de análise

Tipo de análise	Determinação	Dias de medição
Característica de carcaça	Peso da carcaça fria	No dia 1 após o abate
Propriedades intrínsecas da carne	pH 24 h após o abate Atividade da água 24 h após o abate Humidade e matéria seca Teor de proteína Teor de gordura Teor de cinzas	No dia 1 após o abate
Atributos de qualidade da carne	Cor: L*, a*, b* Índice de oxidação: TBARs Perdas por cocção Tenrura da carne (Warner-Bratzler)	Nos dias 3, 9 e 15 após o abate

3.3 Determinação das propriedades intrínsecas da carne

3.3.1 Humidade e matéria seca

A percentagem de humidade foi determinada por secagem em estufa (Memmert UFP 600, Schwabach, Alemanha) a 105 °C até peso constante, e calculada como a perda de peso da amostra (ISO, 1997). Para tal, a amostra foi primeiro homogeneizada e transferida para uma cápsula plana de porcelana (cadinho) junto com uma quantidade de areia igual a três vezes a massa da amostra.

Secou-se a cápsula, a areia e a vareta de vidro durante 1 hora na estufa regulada para $105 \pm 2^\circ\text{C}$; deixou-se a cápsula e a vareta de vidro arrefecer no exsiccador (contendo sílica gel), até alcançar a temperatura ambiente e pesou-se com uma aproximação de 0,001 g. Foram transferidas 5 g da amostra preparada para o cadinho e pesou-se com o conteúdo e a vareta de vidro com uma aproximação de 0,001 g; misturou-se o conteúdo do cadinho com a vareta de vidro; aqueceu-se a cápsula com o conteúdo e a vareta de vidro durante 16 h na estufa a $105 \pm 2^\circ\text{C}$. Depois, a cápsula foi retirada da estufa com o seu conteúdo e a vareta de vidro e colocaram-se no exsiccador durante 1 hora. Numa última fase, deixou-se a cápsula, o seu conteúdo e a vareta de vidro arrefecer até à temperatura ambiente, e pesou-se com uma aproximação de 0,001 g. Os resultados da humidade foram expressos em percentagem e a matéria seca calculada por diferença. Esta determinação foi feita em duplicado por amostra.

3.3.2 Teor de cinzas

A amostra desidratada foi incinerada a 560 °C numa mufla (Carbolite RWF 12/13, Hope, Inglaterra). Após o arrefecimento, a massa do resíduo foi determinada (ISO, 1998).

A amostra foi devidamente homogeneizada, de seguida aqueceu-se o cadinho de porcelana, com um diâmetro de 60 mm e paredes inclinadas de 25 mm de altura, durante 1 hora, na estufa $105 \pm 2^\circ\text{C}$. Deixou-se arrefecer o cadinho no exsiccador até atingir a temperatura ambiente e pesou-se na balança analítica com uma aproximação de 0,001 g. De seguida transferiram-se 5 g da amostra preparada para análise para uma cápsula com uma aproximação de 0,001 g., e espalhou-se uniformemente. Colocou-se o cadinho com o conteúdo na mufla fria e aumentou-se gradualmente a temperatura durante 8 h a $560 \pm 25^\circ\text{C}$; continuou-se a incineração a $560 \pm$

25 °C até as cinzas ficarem com uma aparência branca. Removeu-se o cadinho da mufla e arrefeceu-se no exsiccador até atingir a temperatura ambiente. Numa última etapa, pesou-se o cadinho com uma aproximação de 0,001 mg. Os resultados foram expressos em percentagem e esta determinação foi feita em duplicado por amostra.

3.3.3 Teor de proteína

Para a determinação do teor de azoto, a amostra foi digerida com ácido sulfúrico concentrado, sulfato de potássio e um catalisador; sendo o azoto decomposto em sulfato de amónio. Ao adicionar soda cáustica, o excesso de amónio é libertado por destilação do vapor de água e aprisionado em solução de ácido bórico; esta solução é titulada com uma solução ácida para determinar o teor de azoto, o qual é convertido no teor em proteína.

A análise foi realizada segundo o método ISO (1978), utilizando o equipamento automático KJELDATHERM e os destiladores automáticos VAPODEST 50. A amostra inicial, de 20 g, foi colocada duas vezes no aparelho de comutação onde foi misturada e homogeneizada. Das amostras iniciais preparadas foram pesadas duas amostras de 1 g, as quais se adicionaram os produtos químicos (2 comprimidos catalisadores Kjeltabs 5g K₂SO₄ + 0.5g CuSO₄. 5H₂O) e 20 ml de ácido sulfúrico a 98%. O ácido sulfúrico foi usado para lavar qualquer resíduo de amostra que pudesse permanecer nas paredes de vidro. Para a digestão das amostras, utilizaram-se as fases de tempo e temperatura as indicadas na Tabela 3.2, as quais foram controladas com precisão pelo equipamento.

Tabela 3.2: Parâmetros usados para trabalhar com o sistema KJELDATHERM com tubos de 250 ml

Tempo (min)	Temperatura (°C)	Comentários
40	400	Os tubos de digestão foram colocados no bloco de pré-aquecido
30	400	

Durante todo o período de digestão, o purificador esteve ligado e utilizaram-se cerca de 1200 ml de soda cáustica a 15% para o frasco de lavagem; esta quantidade foi suficiente para neutralizar os gases de digestão de cerca de 60 digestões. O período de arrefecimento, após a elevação do suporte de inserção ou o período de arrefecimento após desligar o aquecimento, foi aproximadamente de 30 minutos; durante este tempo, o purificador esteve a funcionar. Após

o arrefecimento da amostra digerida, a destilação a vapor foi feita de acordo com o programa apresentado na Tabela 3.3.

A titulação foi efetuada automaticamente com ácido clorídrico a 0,1 N, mas a determinação do parâmetro foi realizada com o medidor de pH. Para a determinação do valor do branco, a análise (digestão e destilação) foi realizada apenas com os produtos químicos. O consumo desses produtos químicos teve então que ser levado em consideração para a realização dos cálculos. Esta determinação foi feita em duplicado por amostra.

Tabela 3.3: Programa utilizado na destilação a vapor

Parâmetro do programa	VAPODEST 50
Adição de água (s)	9
Adição NaOH (s)	8
Tempo de reação (s)	0
Tempo de destilação (s)	240
Saída de vapor (%)	100
Amostra de sucção (s)	25
Adição de ácido bórico (s)	6
Recetor de sucção (s)	25
Titulação	Auto
Cálculo	Auto



Figura 3.3: Equipamento Kjeldatherm/Vapodest para digestão, destilação e titulação utilizado para a determinação do teor de proteína da carne

3.3.4 Teor de gordura intramuscular

O método que se descreve a seguir permite determinar a matéria gorda bruta da amostra de carne por extração em éter de petróleo. Os compostos extraídos são predominantemente triacilgliceróis. São também extraídas pequenas quantidades de outros lípidos e de componentes com alguma solubilidade no éter de petróleo. Utilizou-se o método da AOAC (2005).

Colocou-se um saco de filtro rotulado, construído com meios filtrantes quimicamente inertes e resistentes ao calor, capazes de serem selados termicamente e capazes de reter partículas de 1 micrón enquanto permitem a penetração da solução, sobre a balança analítica (capaz de pesar 0,1 mg). Pesou-se ~1 g de amostra no saco e registou-se o seu peso exato. Foi usado um selo térmico para selar os sacos de filtro, assegurando o fechamento completo. O saco de filtro foi fechado a 4 mm do topo para encapsular a amostra. Colocou-se um saco em branco de forma periódica, especialmente quando se mudam os solventes, a fim de captar a gordura que pode migrar para fora do saco durante o aquecimento; as amostras foram colocadas na estufa de secagem a uma temperatura de 102 °C, durante 16 horas.

As amostras secas e arrefecidas foram pesadas numa bolsa dessecante (bolsa selável, dobrável com dessecante no interior que permite a remoção do ar ao redor dos sacos de filtro), e registou-se o peso. De seguida, os sacos de amostras foram colocados no suporte do saco e colocaram-se no extrator (capaz de extrair a 90 ± 2.0 °C). Selecionou-se o tempo de extração e procedeu-se de acordo com as instruções do instrumento de extração (éter de petróleo, B.P. 35-65 °C). Após a conclusão do processo de extração, colocaram-se as amostras na estufa durante 1 hora e, por fim, arrefeceram-se na bolsa de dessecante (1 hora) e foram pesados. O teor de gordura foi expresso em percentagem, e feito em duplicado.

3.3.5 Determinação do pH

O pH das amostras foi medido utilizando um medidor de pH portátil (HI 99163, Hanna Instruments, Eibar, Espanha) equipado um elétrodo de pH FC 232D, pré-amplificado, com sensor de temperatura, e lâmina de aço inoxidável removível que permite efetuar medições em carne (Figura 3.4). Antes de cada medição, o equipamento foi calibrado com tampões de pH=7

e pH=4. O pH foi medido, 24 horas após o abate, ao nível da 13^o costela no músculo *L. thoracis*. A medição do pH foi levada a cabo de acordo com Franco (2009), efetuando uma incisão no músculo, introduzindo o eléctrodo de forma perpendicular ao músculo, com o objetivo de conseguir o contacto do eléctrodo com o tecido muscular e assim obteve-se a leitura do pH, em que os valores e a temperatura são mostrados no visor do potenciómetro. Esta determinação foi feita em triplicado por amostra.



Figura 3.4: Potenciómetro Hanna HI 99163 utilizado para a medição de pH da carne

3.3.6 Determinação da atividade da água

A atividade da água (a_w) da carne foi medida um dia depois do abate, para tal foram cortados pedaços de carne do tamanho da cuvete de plástico onde do medidor Aqualab (4TE Decagon, USA). A amostra de carne foi cuidadosamente colocada na cuvete, a cuvete no medidor, e a a_w foi registada após estabilização da medida. Esta determinação foi feita em triplicado por amostra.



Figura 3.5: Analisador AquaLab utilizado para a medição de atividade da água da carne

3.4 Determinação dos atributos de qualidade da carne

3.4.1 Parâmetros colorimétricos

Para a determinação dos parâmetros colorimétricos foi usado um colorímetro portátil (Konica Minolta CM-600d, Japão). Antes da realização das leituras procedeu-se à calibração do equipamento, tendo este dois pontos de calibração, o branco absoluto e o negro absoluto, com uma lâmpada de arco de xenônio pulsada, geometria de ângulo de visão de 0° e tamanho de abertura de 8 mm. Foi usado para estimar a cor da carne no espaço CIELAB (CIE, 1978): Luminosidade (L*), Vermelho (a*) e Amarelo (b*).

As leituras de cor efetuaram-se depois da amostra ter sido oxigenada durante 30 minutos. Colocou-se o colorímetro na superfície do músculo *L. dorsi*, em três pontos diferentes, numa área aproximada de 3,5 cm², para evitar problemas relacionados com heterogeneidade das fibras musculares na superfície e a sua direção, gordura de infiltração, variações da cor, manchas de sangue, ou outras alterações pontuais da cor.

3.4.2 Índice de oxidação

A oxidação dos lipídios foi medida de acordo com a reação do ácido tio barbitúrico (TBARS), segundo o método descrito por Tarladgis *et al.* (1960) e adaptado por Monteiro *et al.* (2012). Para tal, 10 g da amostra foram adicionadas a 97,5 ml de água destilada e 2,5 ml de HCl (4N), sendo logo homogeneizado e destilado. Em seguida, 5 ml do destilado foi adicionado a 5 ml de solução 0,02 M de ácido tio barbitúrico, e aquecido em banho-maria a 100 °C durante 35 minutos. A medição foi realizada em espectrofotómetro no comprimento de onda de 528 nm, sendo os resultados expressos em mg de malonaldeído (MA) por kg de amostra.

3.4.3 Perdas por cocção

A capacidade de retenção de água (CRA) de uma amostra de carne foi avaliada como as perdas por cocção, seguindo o método de Honikel (1997). A determinação foi realizada com amostras do músculo *L. dorsi* do lado direito da carcaça. Para a determinação foi cortado um pedaço de carne com 2 cm de grossura; as amostras foram pesadas individualmente e embaladas a vácuo. As amostras embaladas foram cozidas em banho-maria com controlo automático de

temperatura (Selecta, Precisdg, Barcelona, Espanha) até atingir uma temperatura interna de 70 °C, medidas por termopares tipo K (Comark, PK23M, Reino Unido) ligados a um registrador de dados (Comark, Diligence EVG, N3014, Reino Unido). Após a cozedura, as amostras foram arrefecidas em banho-maria circulatório a 18° C durante um período de 30 minutos. Por fim, as amostras de carne foram secas e pesadas individualmente. As perdas por cocção foram calculadas em percentagem do peso perdido em relação ao peso inicial. A capacidade de retenção de água (CRA, %) foi então calculada como 100 – PPC.

3.4.4 Tenrura mediante ensaio Warner-Bratzler

Para a determinação da tenrura utilizou-se o método de corte “Warner-Bratzler Shear Test” recorrendo ao analisador de textura (TA-XT2, Stable Micro Systems, Reino Unido), equipado com a célula Warner-Bratzler (Figura 3.6).

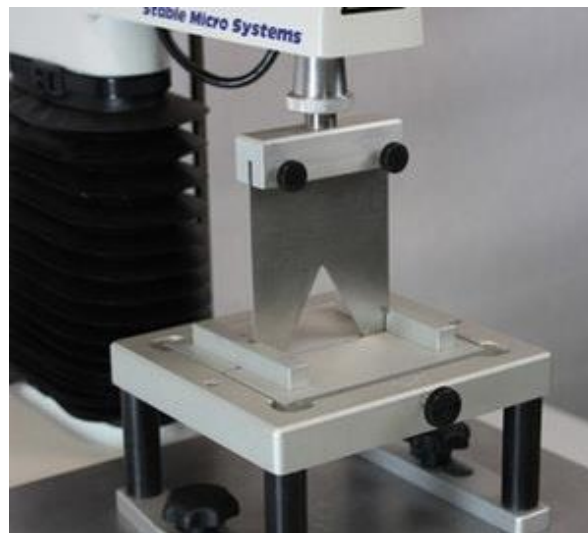


Figura 3.6: Analisador de textura com lâmina de corte Warner-Bratzler montada para a medição de tenrura da carne

A dureza instrumental da carne foi avaliada no seguimento da determinação da capacidade de retenção de água, aproveitando o músculo utilizado, determinar a CRA. Após cocção, o músculo *L. dorsi* foi cortado em paralelepípedos com 1 cm de altura × 1 cm de largura × 2,5 cm de comprimento, cortados paralelamente à direção das fibras musculares. As amostras foram completamente cortadas usando a lâmina de cisalhamento Warner Bratzler com uma aresta de corte triangular (1 mm de espessura) a uma velocidade de 3,33 mm/s. No final, os

valores extraídos da curva foram a força de corte máxima, a firmeza corte e o trabalho total realizado para cortar a amostra.

3.5 Análise estatística

A análise estatística realizada teve três objetivos:

- (i) avaliar as diferenças nas características de carcaça (i.e., sexo, gordura subcutânea, conformação, PCF) e nas propriedades intrínsecas da carne (i.e., pH₂₄, a_{w24} e composição proximal) entre os cordeiros das raças BEDM e CGB;
- (ii) avaliar o efeito do tempo de maturação em cada um dos atributos de qualidade da carne de cordeiro das duas raças (i.e., cor, TBARs, CRA e tenrura); e
- (iii) entender em que medida as características da carcaça e as propriedades intrínsecas da carne (i.e., raça, PCF, pH₂₄, a_{w24} e composição proximal) podem afetar ou modular os atributos de qualidade da carne de cordeiro.

3.5.1 Objetivo I

Para atingir o Objetivo I, no caso das variáveis qualitativas (i.e., sexo, gordura subcutânea e conformação), calculou-se a proporção e o intervalo de confiança a 95% de cada classe, para as duas raças BEDM e CGB. No caso das variáveis quantitativas (i.e., PCF, pH₂₄, a_{w24}, humidade, conteúdo de proteína, teor de gordura e cinzas), calculou-se a média dos valores e o intervalo de confiança a 95%. Adicionalmente, para cada variável quantitativa, fez-se uma análise de variância, usando a raça como única fonte de variação, com a finalidade de testar para $\alpha=0,05$ as diferenças entre as duas raças de cordeiros.

3.5.1 Objetivos II e III

Para alcançar os Objetivos II e III, ajustaram-se modelos mistos a cada um dos atributos de qualidade da carne para avaliar os efeitos de raça, do tempo de maturação e cada uma das propriedades intrínsecas individualmente. Os efeitos aleatórios do animal foram retirados em todos os modelos. Para L*, ajustou-se o modelo misto do tipo:

$$Y_{rj} = Int + \beta_0 Raça + \beta_{1r} Raça(X) + \beta_2 Dia + u_j + \varepsilon_{rj} \quad \text{Eq (1)}$$

onde a variável de resposta Y_{rj} é o valor L^* da carne do cordeiro j da raça r medida após um determinado tempo de maturação Dia . Os efeitos aleatórios u_j dos diferentes cordeiros j foram extraídos assumindo uma distribuição normal. Da mesma forma, assumiu-se que os resíduos ε_{rj} seguem uma distribuição normal. O Int representa o intercepto. Permite-se que o efeito β_{1r} da propriedade intrínseca X dependa da raça do animal, pelo que no modelo utilizaram-se efeitos aninhados da propriedade intrínseca X dentro da raça ($Raça(X)$). Este modelo foi ajustado separadamente para cada uma das propriedades intrínsecas, sendo que em cada um dos ajustes, X representa PCF, pH_{24} , a_{w24} , humidade, conteúdo de proteína, teor de gordura e cinzas. O modelo da Equação (1) e o procedimento anteriormente descrito, foi utilizado para os atributos de qualidade a^* , b^* , TBARs e CRA como variável de resposta Y_{rj} .

Adicionalmente, o modelo misto da Eq. (2) foi ajustado para CRA, onde os valores foram logaritmicamente transformados para melhorar a qualidade de ajuste,

$$\ln CRA_{rj} = Int + \beta_1 X + \beta_2 Dia + \beta_3 (Dia)(X) + u_j + \varepsilon_{rj} \quad \text{Eq (2)}$$

onde X representa igualmente cada uma das propriedades intrínsecas, PCF, pH_{24} , a_{w24} , humidade, teor de proteína, teor de gordura e cinzas, testadas separadamente por meio de diferentes ajustes. O termo β_1 é o efeito de dita propriedade; β_2 é o efeito do tempo de maturação, o qual matematicamente representa um *declive*. A diferença mais importante deste modelo é que nele se admite que a propriedade intrínseca X regula o valor do declive β_3 ; isto é, que o valor da propriedade intrínseca pode aumentar ou diminuir a queda das perdas por cocção durante a maturação. Neste modelo, a raça foi removida como fator porque não revelou efeitos significativos na CRA.

Para os atributos de tenrura da carne – declive, trabalho e força – ajustou-se o seguinte modelo misto:

$$Y_{rj} = Int + \beta_0 X + \beta_1 Raça + \beta_2 Dia + \beta_3 Dia^2 + u_j + \varepsilon_{rj} \quad \text{Eq (3)}$$

onde X representa cada uma das propriedades intrínsecas, PCF, pH_{24} , a_{w24} , teor de humidade, teor de proteína, teor de gordura e cinzas, testadas separadamente por meio de diferentes

ajustes; e β_0 seu respectivo efeito. O termo β_1 é o efeito da raça; β_2 e β_3 são os efeitos linear e quadrático do tempo de maturação na variável de resposta Y_{rj} , à qual lhe é atribuída as observações de declive, trabalho ou força, dependendo da análise. Este modelo considera a tendência curvilínea e assintótica da queda em declive, trabalho e força no tempo de maturação, razão pela qual o modelo inclui o termo quadrático Dia^2 .

Os resultados dos modelos lineares mistos apresentados na seguinte Secção incluem: (i) as estimativas dos parâmetros, com os seus erros padrão e significância; e (ii) a significância das fontes de variação testada em análise de variância por meio da prova F. Os modelos foram ajustados no R Studio versão 1.0.136 implementado no software R (The R Core Team).

4. Resultados e Discussão

4.1 Características da carcaça e propriedades intrínsecas da carne

Nesta secção são apresentadas as características das carcaças dos cordeiros das raças CGB e BEDM, que foram utilizados neste estudo, assim como as propriedades intrínsecas da sua carne, nomeadamente: pH, atividade da água e análise proximal (Tabela 4.1). Em termos gerais, observaram-se diferenças ($p < 0,05$) nas características das carcaças e da carne entre as duas raças. Contudo, estas diferenças não se deveram a um possível desequilíbrio no género dos cordeiros entre as duas raças, uma vez que o rácio macho: fêmea não foi diferente ($p > 0,05$) entre os dois grupos, ambas raças apresentaram número de cordeiros machos superior ($p < 0,05$) ao número de fêmeas. De facto, o rácio macho: fêmea dos grupos CGB e BEDM foi uma característica propositadamente controlada neste estudo.

As categorias de gordura subcutânea apresentaram distribuição diferente ($p < 0,05$) nas duas raças (Tabela 4.1). Assim, cerca de 43% dos cordeiros da raça CGB apresentaram gordura subcutânea entre 3,0 e 3,5; e cerca de 71% dos cordeiros da raça BEDM apresentaram gordura subcutânea entre 1,0 e 1,5. Estas diferenças no estado de engorda dos cordeiros das duas raças resultam, com toda a certeza, das diferenças na disponibilidade alimentar, a qual foi necessariamente mais baixa nos cordeiros da raça BEDM. Para a conformação, avaliada pelo sistema SEUROPE, como esperado os cordeiros da raça CGB apresentaram melhor ($p < 0,05$) conformação comparativamente aos cordeiros da raça BEDM. Nesta última, cerca de 65% das carcaças foram classificadas como de conformação pobre (P). No entanto, na raça CGB as carcaças distribuíram-se de forma uniforme pelas categorias U, R, O e P, com cerca de 20% das carcaças em cada uma das categorias. Salientamos, também, que em ambas as raças, nenhuma das carcaças foi classificada como S ou E. Segundo Silva *et al.* (2007), a utilização da classe S é facultativa sendo destinada à classificação de animais ditos de conformação superior. Em relação ao peso da carcaça frio (PCF), os cordeiros da raça CGB apresentaram peso superior ($P < 0,05$; 14,3 kg) aos da raça BEDM (7,0 kg). Estes resultados devem-se ao facto de os cordeiros da raça CGB possuírem, para o mesmo grau de maturidade, um maior estado de engorda o que conduz a um aumento do rendimento.

Tabela 4.1: Características das carcaças e da carne dos cordeiros das raças Churra Galega Bragançana (CGB) e Bordaleira Entre Douro e Minho

Características	Proporção/Média [IC 95%]	
	CGB	BEDM
Sexo		
Fêmeas	0.300 ^a [0.211 – 0.396]	0.357 ^a [0.262 – 0.465]
Machos	0.700 ^b [0.611 – 0.796]	0.643 ^b [0.547 – 0.750]
Gordura subcutânea		
{ 1.0; 1.5 }	0.100 [0.000 – 0.213]	0.714 [0.631 – 0.817]
{ 2.0; 2.5 }	0.233 [0.133 – 0.346]	0.250 [0.167 – 0.353]
{ 3.0; 3.5 }	0.433 [0.333 – 0.546]	0.036 [0.000 – 0.139]
{ 4.0; 4.5 }	0.233 [0.133 – 0.346]	0.000 [0.000 – 0.103]
Conformação		
U	0.200 [0.100 – 0.314]	0.000 [0.000 – 0.107]
R	0.267 [0.167 – 0.381]	0.036 [0.000 – 0.143]
O	0.267 [0.167 – 0.381]	0.321 [0.226 – 0.428]
P	0.267 [0.167 – 0.381]	0.643 [0.548 – 0.750]
Peso carcaça fria (kg)	14.28 ^a [13.72 – 14.8]	7.03 ^b [6.45 – 7.60]
pH inicial	5.61 ^a [5.58 – 5.64]	5.80 ^b [5.77 – 5.83]
a _w inicial	0.993 ^a [0.992 – 0.993]	0.993 ^a [0.992 – 0.993]
Humidade (g/100 g)	75.90 ^a [75.63 – 76.16]	77.03 ^b [76.76 – 77.30]
Proteína (g/100 g bs)	85.60 ^a [85.10 – 86.00]	87.40 ^b [86.90 – 87.80]
Gordura (g/100 g bs)	6.91 ^a [6.40 – 7.42]	3.71 ^b [3.18 – 4.24]
Cinzas (g/100 g bs)	5.17 ^a [5.03 – 5.30]	5.65 ^b [5.51 – 5.79]

Observaram-se diferenças ($p < 0,05$) marcadas nas propriedades intrínsecas da carne entre raças, a exceção da a_{w24} , onde as carnes das duas raças apresentaram médias iguais de 0,993. Estes resultados corroboram os resultados de Teixeira *et al.* (2011), no qual registaram valores de a_{w24} de 0,980 em carne fresca de cordeiro da raça CGB. Como seria de esperar, a carne fresca de cordeiro apresenta teores elevados de a_{w24} o que cria um ambiente ótimo para o crescimento bacteriano.

No que diz respeito ao pH_{24} , os cordeiros da raça CGB apresentaram menor ($p < 0,05$) pH_{24} que os cordeiros da raça BEDM (5,61 versus 5,80; Tabela 4.1 e Figura 4.1). Estes resultados

mostram que os cordeiros da raça BEDM, ao abate, tinham menores reservas de glicogénio, fruto das restrições alimentares, pelo que a produção de ácido láctico foi menor e, portanto, o pH sofreu um abaixamento menor. Segundo Amorim (2013) e Lawrie (1998), à medida que os níveis de ATP diminuem forma-se fosfato inorgânico, que por sua vez estimula a degradação de glicogénio em ácido láctico mediante a glicólise anaeróbia. A formação de ácido láctico e de outros ácidos orgânicos provocam um decréscimo do pH muscular que continua a decrescer até que terminem as reservas de glicogénio ou até que ocorra a inativação das enzimas que controlam o metabolismo celular. Em média, os valores de pH_{24} para as carcaças BEDM e CGB estiveram dentro daqueles observados por Prates (2000) (pH entre 5,5 – 5,8) para carne de ovino 12-24 horas após do abate.

Por outro lado, para o teor de humidade, a carne dos cordeiros CGB apresentou um valor inferior ($p < 0,05$; 75,9%) comparativamente à carne dos cordeiros da raça BEDM (77,3%). Em relação ao teor de cinzas, a raça CGB apresentou também um valor inferior (5,17%) à raça BEDM (5,65%), o que pode justificar-se atendendo à baixa percentagem de humidade obtida para cada uma das amostras.

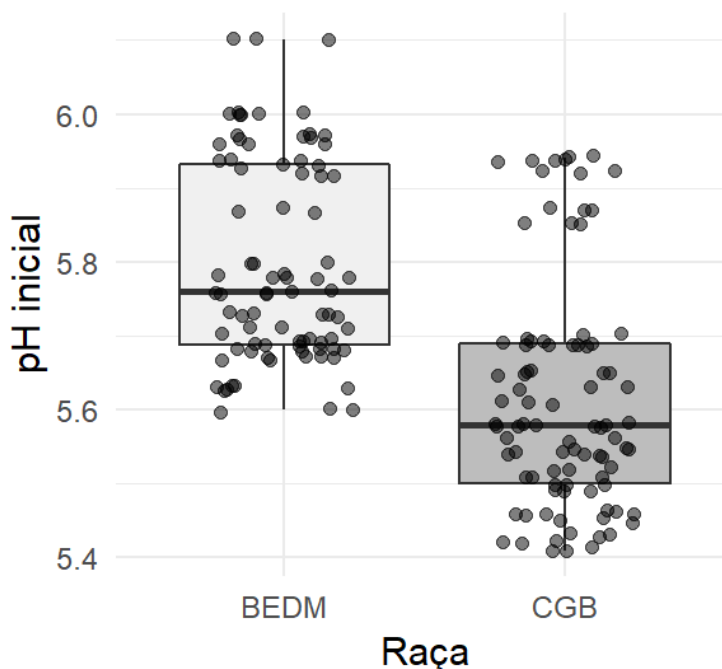


Figura 4.1: Diagrama de caixas do pH_{24} da carne, medido às 24 horas pós-abate, dos cordeiros da raça Churra-Galega-Bragançana (CGB) e Bordaleira-entre-Douro-e-Minho (BEDM)

Relativamente aos valores de proteína e de gordura, como esperado, observou-se uma relação inversa entre estes dois componentes; ou seja, o aumento da proporção de gordura esteve associado a uma diminuição do teor de proteína da carne (Tabela 4.1). Os cordeiros da raça CGB apresentaram maior ($p < 0.05$; 6,9 versus 3,7%) teor em gordura e menor (85,6 versus 87,4%; $p < 0,05$) teor em proteína que os cordeiros da raça BEDM. O teor de gordura da carne dos cordeiros de raça BEDM (IC 95%: 3,18 – 4,24%) foi inferior ao intervalo de 6 – 11% considerado como apropriado para fornecer protecção à carcaça durante o processo de refrigeração (Rodrigues *et al.*, 2005). Buritica Echeverri (2014) refere valores similares aos apresentados neste trabalho para o teor de proteína (84%). No que diz respeito ao teor de gordura, Buritica Echeverri (2014) reportou um valor médio (8,2%) superior aos valores encontrados nos cordeiros deste estudo, mas refletem as diferenças do sistema de produção e do peso maduro ao qual os cordeiros foram abatidos.

4.2 Evolução dos atributos de qualidade da carne durante a maturação e sua relação com as propriedades intrínsecas da carne

Nesta secção apresentam-se os resultados dos modelos da evolução dos atributos de qualidade da carne, a saber, cor L^* , a^* , b^* , TBARs, capacidade de retenção de água (CRA) e tenrura (declive, trabalho e força), e as suas relações com as propriedades intrínsecas da carne (raça, peso de carcaça fria [PCF], pH_{24} , a_{w24} e análise proximal). As Tabelas 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5 apresentam os resultados de cada um dos modelos mistos, e as Figuras 4.2, 4.3 e 4.4 as tendências dos atributos de qualidade da carne de cordeiro durante a maturação em frio. O sexo do cordeiro não influenciou ($p < 0,05$) nenhum dos atributos de qualidade da carne, pelo que seu efeito foi removido dos modelos mistos.

4.2.1 Atributo de cor da carne

O atributo de cor somente foi afetado ($p < 0,05$) pela raça na componente a^* (Tabela 4.2), apresentando a carne dos cordeiros BEDM valores superiores – sendo, por conseguinte, mais vermelha – que a carne dos cordeiros CGB. Em termos globais, o tempo de armazenamento não influenciou ($p > 0,05$) o parâmetro L^* ($p = 0,156$); todavia, aos nove dias de armazenamento, observou-se uma clara distinção entre a carne de cordeiros de raça BEDM e CGB para os valores médios de L^* (Figura 4.2). No entanto, a diferença de L^* , as componentes de cor a^* e b^* aumentaram ($p < 0,0001$) no tempo de armazenamento .

Tabela 4.2: Efeitos das características da carcaça e propriedades intrínsecas da carne sobre os atributos de cor nas coordenadas L*, a*, b* da carne de cordeiro embalada a vácuo, avaliadas mediante parâmetros ajustados por modelos lineares mistos. A significância das fontes de variação testada em análise de variância é apresentada (p-val do teste F)

Modelo	Fonte de variação	L* ¹		a* ²		b* ³	
		Parâmetro (SE)	p-val (F)	Parâmetro (SE)	p-val (F)	Parâmetro (SE)	p-val (F)
PCF	Intercepto	47.87 (1.459)*	<.0001	6.896 (0.637)*	<.0001	10.41 (0.715)*	<.0001
	PCF (BEDM)	-0.707 (0.198)*	-	0.676 (0.082)*	-	0.102 (0.095)	-
	PCF (CGB)	-0.325 (0.098)*	0.003	0.300 (0.041)*	<.0001	0.052 (0.047)	0.530
	Dia	0.296 (0.207)	0.156	0.915 (0.130)*	<.0001	1.000 (0.122)	<.0001
pH 24 h	Intercepto	0.559 (13.08)	<.0001	41.99 (6.560)*	<.0001	12.37 (6.234)*	<.0001
	pH ₂₄ (BEDM)	7.351 (2.256)*	-	-5.222 (1.130)*	-	-0.190 (1.074)	-
	pH ₂₄ (CGB)	7.554 (2.329)*	<.0001	-5.525 (1.167)*	<.0001	-0.240 (1.109)	0.737
	Dia	0.296 (0.207)	0.156	0.915 (0.130)*	<.0001	1.000 (0.122)	<.0001
a _w 24 h	Intercepto	-69.94 (151.3)	<.0001	165.8 (79.85)*	<.0001	63.50 (66.01)	<.0001
	aw ₂₄ (BEDM)	113.9 (152.4)	-	-155.3 (80.43)*	-	-52.62 (66.49)	-
	aw ₂₄ (CGB)	113.8 (152.4)	0.737	-156.0 (80.43)*	0.031	-52.84 (66.49)	0.575
	Dia	0.296 (0.207)	0.156	0.915 (0.130)*	<.0001	1.000 (0.122)*	<.0001
Humidade (%)	Intercepto	-44.98 (19.03)*	<.0001	70.72 (9.184)*	<.0001	11.99 (9.791)	<.0001
	Hum (BEDM)	1.144 (0.247)*	-	-0.766 (0.119)*	-	-0.009 (0.127)	-
	Hum (CGB)	1.159 (0.251)*	<.0001	-0.787 (0.121)*	<.0001	-0.013 (0.129)	0.766
	Dia	0.296 (0.207)	0.156	0.915 (0.130)*	<.0001	1.000 (0.122)*	<.0001
Gordura (g/100 g bs)	Intercepto	44.66 (0.826)*	<.0001	10.40 (0.450)*	<.0001	11.17 (0.418)*	<.0001
	Gordura (BEDM)	-0.482 (0.154)*	-	0.345 (0.079)*	-	-0.004 (0.073)	-
	Gordura (CGB)	-0.203 (0.107)*	0.011	0.086 (0.060)	<.0001	-0.004 (0.057)	0.998
	Dia	0.296 (0.207)	0.156	0.915 (0.130)*	<.0001	1.000 (0.122)*	<.0001
Proteína (g/100 g bs)	Intercepto	54.42 (15.04)*	<.0001	15.57 (8.196)*	<.0001	18.33 (6.532)*	<.0001
	Proteína (BEDM)	-0.128 (0.172)	-	-0.044 (0.093)	-	-0.081 (0.074)	-
	Proteína (CGB)	-0.133 (0.176)	0.723	-0.054 (0.095)	0.172	-0.085 (0.076)	0.425
	Dia	0.296 (0.207)	0.156	0.915 (0.130)*	<.0001	1.000 (0.122)	<.0001
Cinzas (g/100 g bs)	Intercepto	32.00 (2.774)*	<.0001	18.22 (1.459)*	<.0001	10.48 (1.384)*	<.0001
	Cinzas (BEDM)	1.995 (0.484)*	-	-1.154 (0.253)*	-	0.144 (0.240)	-
	Cinzas (CGB)	2.109 (0.532)*	0.001	-1.399 (0.278)*	<.0001	0.102 (0.264)	0.574
	Dia	0.296 (0.207)	0.156	0.915 (0.130)*	<.0001	1.000 (0.122)*	<.0001

(1) A raça não tem efeito em L* (p>0.05)

(2) A raça tem efeito em a* (p<0.05)

(3) A raça não tem efeito em b* (p>0.05)

A Figura 4.2 mostra a evolução linear das componentes da cor da carne, assim como o efeito da raça na componente a*, anteriormente mencionado. Embora o gráfico de tendência para b* evidencie alguma diferenciação entre as duas raças, estatisticamente não atingiu significância (p>0,050). Da mesma forma, o parâmetro b* não foi moderado por nenhuma das características

intrínsecas da carne; nomeadamente: PCF ($p=0.530$), pH_{24} ($p=0.737$), a_{w24} ($p=0.575$), teor de humidade ($p=0.766$), teor de gordura ($P=0.998$), teor de proteína ($P=0.425$) e cinzas ($P=0.574$). Assim, b^* apresentou-se como um parâmetro independente. Isto não aconteceu com as componentes L^* e a^* da cor da carne, pois ambas estiveram fortemente ligadas ao PCF ($p=0.003$ e $p<.0001$, respetivamente).

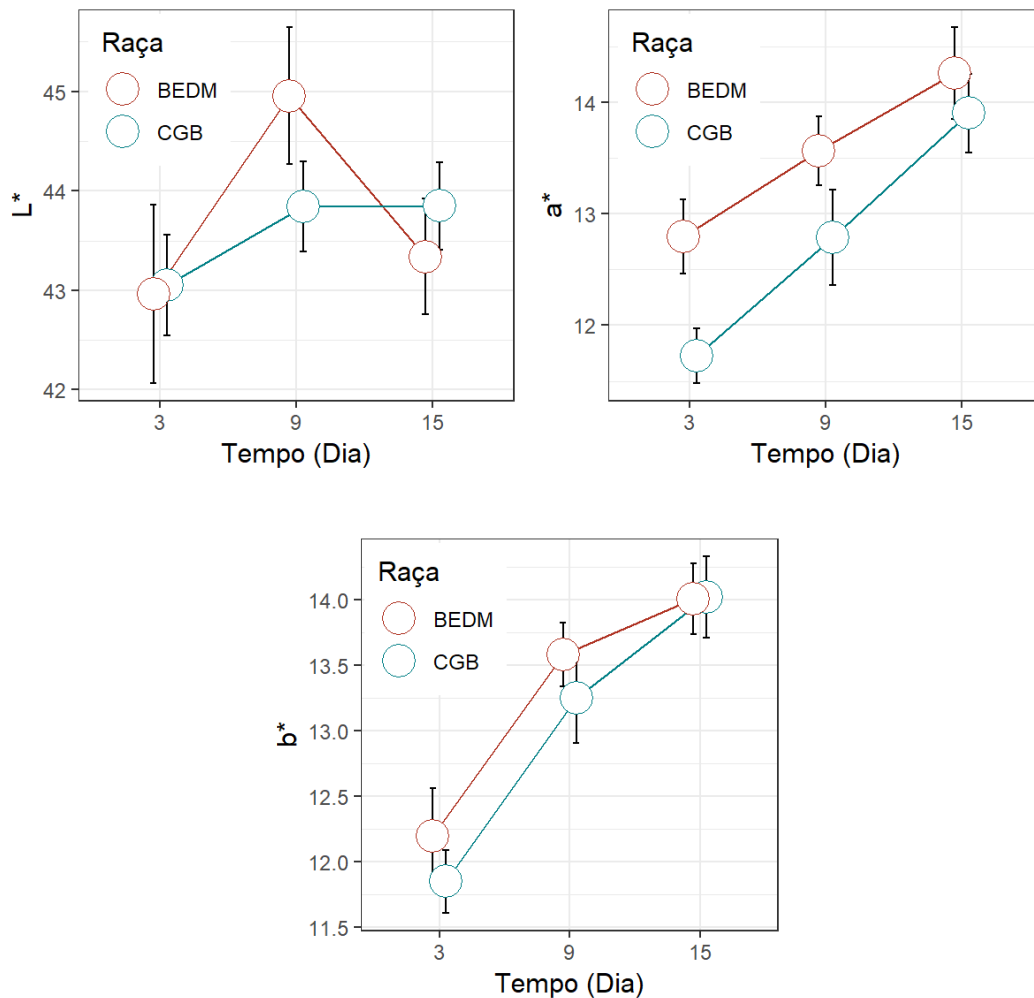


Figura 4.2: Evolução das componentes da cor L^* , a^* , b^* da carne de cordeiro embalada a vácuo e armazenada a $4^{\circ}C$ durante 15 dias, das raças Churra Galega Bragançana (CGB) e Bordaleira Entre Douro e Minho (BEDM)

O efeito do PCF nas componentes L^* e a^* foi dependente da raça. Para as duas raças, maior PCF, menor L^* (i.e., carne mais escura), porém para as carcaças BEDM, este gradiente foi maior (o qual se deduz comparando os valores dos efeitos ($p<0,05$) $PCF(BEDM)=-0.707$ versus $PCF(CGB)=-0.325$ na Tabela 4.2). Da mesma forma, as carcaças com maior PCF apresentaram maior ($p<0,05$) valor de a^* (carne mais vermelha), o efeito na componente a^*

causado pelo mesmo incremento do PCF foi maior para a carne dos cordeiros BEDM do que para a dos cordeiros CGB ($PCF(BEDM)=0.676$ versus $PCF(CGB)=0.300$). Em síntese, dentro do grupo BEDM, as carcaças de maior peso produziram carne mais avermelhada e escura, que as carcaças de maior peso do grupo CGB. Cabe ressaltar, que as amostras das carcaças da raça BEDM tiveram a metade do peso frio (IC 95%: 6.45 – 7.60 Kg) comparativamente às carcaças da raça CGB (IC 95%: 13.72 – 14.8 Kg; Tabela 4.1), o que pode explicar os efeitos tão distintos do PCF na componente L^* para as duas raças.

A mesma relação entre peso e a cor foi reportada por Berian (1998), que observou que a carne de cordeiros de menor peso de carcaça apresentou coloração mais clara, quando comparada com a carne de cordeiro proveniente de animais mais pesados. De facto, as concentrações de mioglobina no músculo aumentam com o avanço da maturidade fisiológica dos animais e, consequentemente, promovem aumento na intensidade da cor da carne (Dhanda *et al.*, 2003; Domínguez *et al.*, 2015).

Como esperado, as componentes L^* e a^* da cor da carne apresentaram-se fortemente determinados ($p<,0001$) pelo pH_{24} em ambas raças. No entanto, como a carne dos cordeiros da raça BEDM apresentaram pH_{24} mais altos (Figura 4.1), os efeitos do pH nas componentes L^* (pH_{24} (BEDM)=7.351) e a^* (pH_{24} (BEDM)=-5.222) foram menos acentuados nesta raça, embora ainda significativos, que os efeitos das carcaças de raça CGM (pH_{24} (CGB)=7.554 e -5.525, respetivamente). A atividade da água, medida 24 horas após o abate (a_{w24}) não modulou a componente L^* ($p=0.737$) mas sim a componente a^* ($p=0.031$). A relação que evidência a análise estatística é que a carne de maior a_{w24} tende a ser menos vermelha (a^* mais baixos), e esta mesma tendência foi observada para o teor de humidade ($p<,0001$). Contudo, a a_{w24} e o teor de humidade da carne mostraram-se fortemente associados à componente L^* ($p<,0001$): maior nível de humidade correspondeu a maior L^* (carnes menos escuras). No caso dos teores de gordura e de cinzas, ambas influíram nos valores de L^* ($p=0.011$ e 0.001 , respetivamente) e de a^* ($p<,0001$). A carne com maior teor de gordura (bs) foram ao mesmo tempo menos claras e mais vermelhas (menor L^* e maior a^*), embora os efeitos fossem mais marcados para os cordeiros de raça BEDM (i.e., para o mesmo incremento no teor de gordura, a carne dos cordeiros da raça BEDM apresentaram carne de cor mais escura [-0.482] que os cordeiros da raça CGB [-0.203]). Contrariamente, a carne de cordeiro com maior teor de cinzas apresentou uma tonalidade mais clara ($P=0.001$) e menos vermelha ($P<,0001$), tendo sido este

comportamento mais acentuado para a carne de cordeiro da raça CGB. O teor de proteína não teve efeito nem na componente L* ($p=0.723$) nem na componente a* ($p=0.172$).

Os intervalos das componentes L* (42.0 – 44.1) e a* (12.4 – 13.2) observados neste estudo encontram-se dentro das variações normais citadas por Sañudo *et al.* (2000) de 30.03 a 49.47 para L*, e de 8.24 a 23.53 para a*; por volta da média de L* (41.3) reportada por Teixeira *et al.* (2005) para carne de cordeiro; e por volta do intervalo para a* (12.27 – 18.81) encontrado por Bressan *et al.* (2001). Contudo, os valores estimados neste estudo para a componente b* (11.70 – 12.50) são superiores aos assinalados por Bressan *et al.* (2001) de 3.34 a 5.65, e por Sañudo *et al.* (2000) de 3.30 a 11.10. Todavia, Teixeira *et al.* (2005) reportou uma média de a* (16.8) ainda mais alta para a carne fresca de cordeiro.

Numa investigação mais recente (Ortega *et al.*, 2016), a carne fresca de cordeiro apresentou uma luminosidade mais baixa, sendo portanto menos pálida (L*, média=34.46), e uma cor mais avermelhada (a*, média=21.01) que as amostras de carne de cordeiro avaliadas no presente estudo. No entanto, na componente b*, a média de 10.69 encontrada por Ortega *et al.* (2016) esteve mais próxima aos valores do presente estudo. Silva *et al.* (2008) expõe que entre os fatores que afetam diretamente a cor da carne estão: o tipo de alimentação, a idade, o peso de abate e as condições de armazenamento da carne. É importante destacar que as amostras deste estudo foram embaladas ao vácuo.

4.2.2 Atributos de oxidação lipídica e capacidade de retenção de água

No que diz respeito à oxidação lipídica, a raça dos cordeiros não teve impacto ($p>0,05$ na Tabela 4.3) no nível de substâncias reativas ao ácido tio-barbitúrico (TBARS). No entanto, com seria de esperar, o aumento do tempo de armazenamento conduziu a um aumento ($p<,0001$) dos TBARS. Este efeito pode apreciar-se na tendência linear da evolução dos TBARS ao longo do tempo de armazenamento (Figura 4.3). Este mesmo comportamento, de aumento linear, foi observado por Fernandes *et al.* (2012) nas medidas de índice de oxidação lipídica em carne do lombo de cordeiro durante armazenamento refrigerado; embora os valores médios observados no presente estudo (média 0.320 mg MDA/Kg para BEDM e média 0.375 mg MDA/kg para CGB no dia 15) sejam menores que aqueles registados por Fernandes *et al.* (2012) (>0.500 mg MDA/Kg). Esta diferença pode resultar do facto da carne ter sido embalada a vácuo no presente estudo.

Tabela 4.3: Efeitos das características da carcaça e das propriedades intrínsecas da carne nos atributos de TBARs e capacidade de retenção de água (CRA) da carne de cordeiro embalada a vácuo, avaliadas mediante parâmetros ajustados por modelos lineares mistos. A significância das fontes de variação testada em análise de variância é apresentada (p-val do teste F)

Modelo	Fonte de variação	TBARs ¹		CRA ^{1,2}	
		Parâmetro (SE)	p-val (F)	Parâmetro (SE)	p-val (F)
PCF	Intercepto	-0.209 (0.049)*	<.0001	4.414 (0.026)*	<.0001
	PCF (BEDM)	0.011 (0.006)*	-	0.003 (0.003)	-
	PCF (CGB)	0.007 (0.003)*	0.061	0.002 (0.002)	0.632
	Dia	0.155 (0.010)*	<.0001	-0.019 (0.006)*	0.002
pH 24 h	Intercepto	0.339 (0.423)	<.0001	4.702 (0.210)*	<.0001
	pH ₂₄ (BEDM)	-0.082 (0.073)	-	-0.046 (0.036)	-
	pH ₂₄ (CGB)	-0.079 (0.075)	0.248	-0.047 (0.037)	0.426
	Dia	0.155 (0.010)*	<.0001	-0.019 (0.006)*	0.002
a _w 24 h	Intercepto	10.34 (4.329)*	<.0001	0.449 (2.205)	<.0001
	aw ₂₄ (BEDM)	-10.56 (4.361)*	-	4.013 (2.220)	-
	aw ₂₄ (CGB)	-10.52 (4.361)*	0.028	4.167 (2.220)	0.195
	Dia	0.155 (0.010)*	<.0001	-0.019 (0.006)*	0.002
Humidade (%)	Intercepto	2.083 (0.603)*	<.0001	4.787 (0.331)*	<.0001
	Hum (BEDM)	-0.029 (0.008)*	-	-0.005 (0.005)	-
	Hum (CGB)	-0.029 (0.008)*	0.001	-0.005 (0.005)	0.540
	Dia	0.155 (0.010)*	<.0001	-0.019 (0.006)*	0.002
Gordura (g/100 g bs)	Intercepto	-0.176 (0.029)*	<.0001	4.425 (0.016)*	<.0001
	Gordura (BEDM)	0.011 (0.005)*	-	0.003 (0.002)	-
	Gordura (CGB)	0.011 (0.003)*	0.016	0.002 (0.002)	0.531
	Dia	0.155 (0.010)*	<.0001	-0.019 (0.006)*	0.002
Proteína (g/100 g bs)	Intercepto	0.452 (0.446)	<.0001	4.331 (0.226)*	<.0001
	Proteína (BEDM)	-0.007 (0.005)	-	0.001 (0.003)	-
	Proteína (CGB)	-0.007 (0.005)	0.198	0.001 (0.003)	0.954
	Dia	0.155 (0.010)*	<.0001	-0.019 (0.006)*	0.002
Cinzas (g/100 g bs)	Intercepto	0.085 (0.092)	<.0001	4.496 (0.048)*	<.0001
	Cinzas (BEDM)	-0.039 (0.016)*	-	-0.011 (0.008)	-
	Cinzas (CGB)	-0.037 (0.017)*	0.035	-0.011 (0.009)	0.365
	Dia	0.155 (0.010)*	<.0001	-0.019 (0.006)*	0.002

⁽¹⁾ A raça não tem efeito em TBARs nem em CRA (p>0.05)

⁽²⁾ A variável CRA foi logaritmicamente transformada (ln(CRA))

Apesar de a Figura 4.3 sugerir que até o décimo-quinto dia de armazenamento se atinge progressivamente uma clara distinção entre as raças BEDM (média 0.320 mg MDA/Kg) e CGB (média 0.375 mg MDA/kg), a análise estatística demonstra que a raça, como tal, não foi responsável por esta diferença, mas sim as propriedades intrínsecas de a_{w24} (p=0.028), humidade (p=0.001), teor de gordura (p=0.016) e teor de cinzas (p<.0001) (Tabela 4.3). Mais

ainda, a 10% de significância, podemos admitir que o peso de carcaça fria influi ($p=0.061$) no nível de peroxidação da carne, sendo que as carcaças mais pesadas tendem a sofrer uma maior oxidação lipídica (o que se deduz pelos coeficientes positivos $PCF(BEDM)=0.011$ e $PCF(CGB)=0.007$).

Nem o pH_{24} ($p=0.248$) nem o teor de proteína da carne ($p=0.198$) tiveram relação com os TBARs. Para ambas propriedades intrínsecas relativas ao nível de água, a_{w24} e humidade, a relação foi a mesma: a carne de cordeiro com maior conteúdo de água livre e humidade total tenderam a apresentar valores mais baixos de TBARs (relação inversa que se deduz pelos coeficientes negativos de $PCF(BEDM)=-10.56$ e $PCF(CGB)=-10.52$ para a_{w24} ; e $PCF(BEDM)=-0.029$ e $PCF(CGB)=-0.029$ para humidade). Tal como esperado, a carne com maior teor de gordura, e por conseguinte, menor teor de cinzas, sofreram uma maior oxidação lipídica.

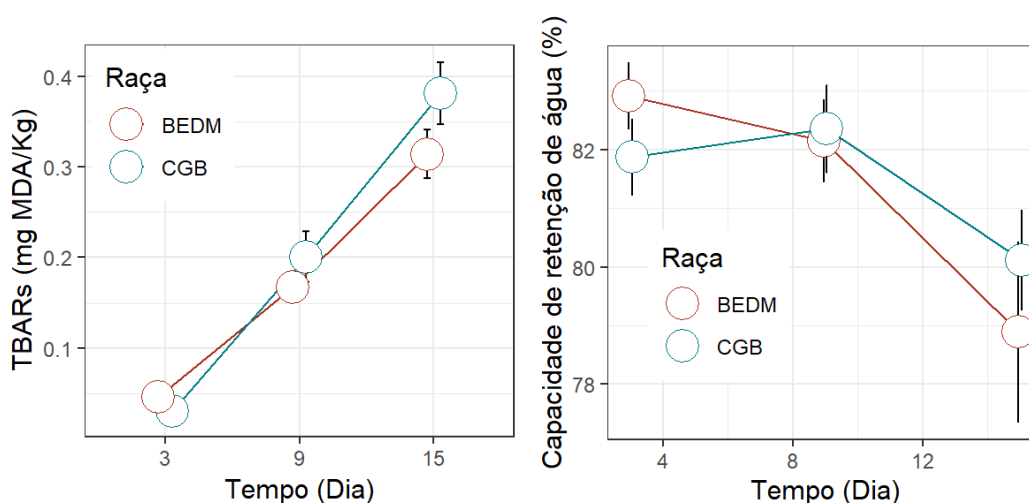


Figura 4.3: Evolução dos TBARs e da capacidade de retenção de água da carne de cordeiro embalada a vácuo e armazenada a 4°C durante 15 dias, das raças Churra Galega Bragançana (CGB) e Bordaleira Entre Douro e Minho (BEDM)

Tabela 4.4: Efeitos das características da carcaça e das propriedades intrínsecas da carne na queda da capacidade de retenção de água (CRA) ao longo do tempo de maturação da carne de cordeiro embalada a vácuo. A significância das fontes de variação testada em análise de variância é apresentada (p-val do teste F)

Modelo	Fonte de variação	CRA ¹	
		Parâmetro (SE)	p-val (F)
PCF	Intercepto	4.485 (0.034)*	<.0001
	PCF	-0.005 (0.002)	0.532
	Dia	-0.048 (0.016)*	0.002
	PCF:Dia	0.003 (0.001)*	0.049
pH 24 h	Intercepto	0.339 (0.423)	<.0001
	pH ₂₄	-0.082 (0.073)	0.209
	Dia	-0.079 (0.075)	0.001
	pH ₂₄ :Dia	0.155 (0.010)*	0.002
a _w 24 h	Intercepto	8.326 (5.519)	<.0001
	aw ₂₄	-3.918 (5.559)	0.073
	Dia	-3.959 (2.533)*	0.002
	aw ₂₄ :Dia	3.968 (2.552)*	0.123
Humidade (%)	Intercepto	3.104 (0.732)*	<.0001
	Hum	0.017 (0.009)	0.268
	Dia	0.813 (0.334)*	0.002
	Hum:Dia	-0.011 (0.004)*	0.014
Gordura (g/100 g bs)	Intercepto	4.477 (0.027)*	<.0001
	Gordura	-0.008 (0.004)	0.333
	Dia	-0.045 (0.012)*	0.002
	Gordura:Dia	0.005 (0.002)*	0.022
Proteína (g/100 g bs)	Intercepto	4.302 (0.511)	<.0001
	Proteína	0.002 (0.006)	0.757
	Dia	0.016 (0.233)	0.002
	Proteína:Dia	-0.001 (0.003)	0.881
Cinzas (g/100 g bs)	Intercepto	4.163 (0.102)	<.0001
	Cinzas	0.050 (0.018)*	0.153
	Dia	0.147 (0.046)*	0.001
	Cinzas:Dia	-0.031 (0.009)*	0.001

⁽¹⁾ A variável CRA foi logaritmicamente transformada (ln(CRA))

Nenhuma das propriedades intrínsecas da carne, com efeitos significativos nos TBARs, nomeadamente, PCF, a_{w24}, humidade, gordura e cinza, foram modulados pela raça. Estes resultados demonstram que a deterioração por oxidação lipídica, a composição da carne – relativamente à humidade e à gordura – desempenha um papel fundamental, e não o facto de o animal pertencer a uma ou outra raça. Embora o perfil de ácidos gordos não tenha sido estudado neste trabalho, a carne de ovinos torna-se menos propensa à ocorrência de oxidação lipídica

(Ellis e Bertol, 2001), porque é particularmente rica em ácidos gordos saturados e possui um baixo teor de polinsaturados (Sinclair, 2007).

Tal como se pode observar na Figura 4.3, a CRA tende a diminuir ao longo do tempo, de forma lenta entre os 3 e os 9 dias, e abruptamente entre os 9 e os 15 dias. O efeito do tempo de armazenamento na CRA da carne de cordeiro foi corroborado pela análise estatística ($p=0.002$; Tabela 4.3). Esta mesma análise sugere que os valores de CRA não estão diretamente relacionados com as características da carcaça (raça, PCF) nem com as propriedades intrínsecas da carne ($p>0.05$ em todos os casos; Tabela 4.3).

No entanto, num segundo tipo de análise, onde se admite que as propriedades intrínsecas poderiam afetar a *velocidade* do incremento em perdas por cocção durante a maturação, encontrou-se que as propriedades PCF, pH_{24} , humidade, gordura e cinzas modulam este declive ($p=0.049$; 0.002 ; 0.014 ; 0.022 ; 0.001 , respetivamente, na Tabela 4.4). Como se pode deduzir pelas estimativas dos modelos na Tabela 4.4, carcaças com maior PCF produzem carnes que tendem a sofrer uma menor velocidade de queda na capacidade de retenção de água no tempo (efeitos Dia=-0.048 e PCF:Dia=0.003). Da mesma forma, carne com pH_{24} superior (efeitos Dia=-0.079 e pH_{24} :Dia=0.155) ou com maior teor de gordura (efeitos Dia=-0.045 e Gordura: Dia=0.005), sofrem uma queda em CRA mais lenta ao longo da maturação, ou por outras palavras, retêm no fim da maturação maior quantidade de água que a carne de menor pH_{24} ou com menor teor de gordura. Esta relação inversa entre a gordura e a perda de peso por cocção foi observada anteriormente por Sañudo *et al.* (1997), o qual explica que maiores níveis de gordura intra/intermuscular conduzem a menores perdas de peso por cocção, e conseqüentemente, a obtenção de carne mais suculenta, visto que a gordura presente na carne atua como uma barreira contra a perda de água. Entretanto, Pardi *et al.* (2001), referenciaram que maiores CRA na carne ovina decorriam de maiores quantidades de gordura presente nos tecidos, possivelmente, porque além da humidade, parte da gordura da carne é perdida com o processamento térmico.

Por outro lado, carnes com maior humidade inicial (efeito Hum: Dia=-0.011) ou maior teor de cinzas (efeito Cinzas: Dia=-0.031) tendem a sofrer menor perda de água por cocção durante os primeiros dias de armazenamento refrigerado (menor queda de CRA no tempo) do que as carnes com menor humidade ou conteúdo de cinzas (Tabela 4.4). Assim, espera-se que esta carne tenha uma maior retenção de água ao ser cozida, e, por conseguinte, será mais suculenta.

4.2.3 Atributos de tenrura da carne medidos pelo teste de Warner–Bratzler

A Figura 4.4 mostra uma queda nos três parâmetros de tenrura – declive, trabalho e força – durante a maturação da carne, e que esta foi abrupta no início (dos 3 para os 9 dias) e depois assintótica (dos 9 para os 15 dias). Por esta razão, em análise, os termos linear e quadrático para tempo de maturação (Dia e Dia²) foram significativos em todos os casos (Tabela 4.5), demonstrando assim a natureza quadrática da evolução dos atributos de tenrura no tempo.

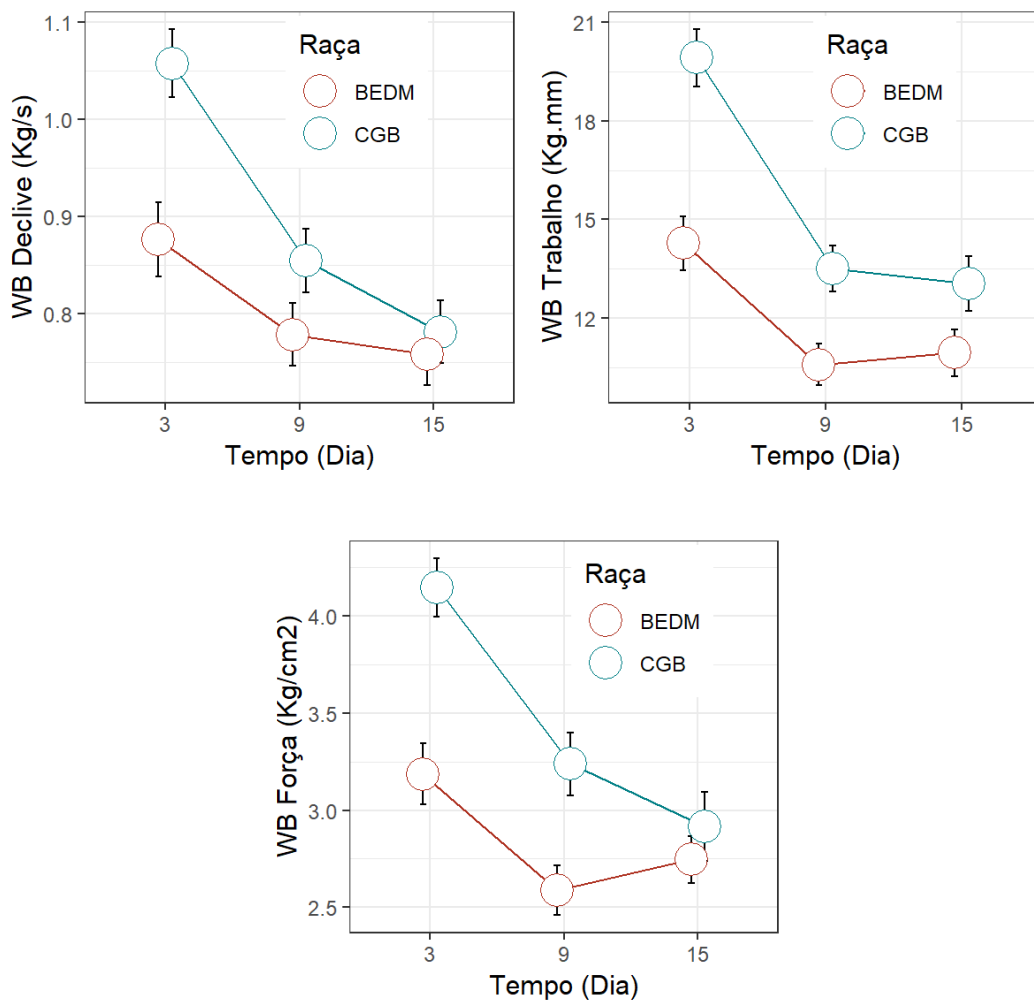


Figura 4.4: Evolução dos parâmetros de tenrura – declive, trabalho e força – da carne de cordeiro, embalada ao vácuo e armazenada a 4°C durante 15 dias, das raças Churra Galega Bragançana (CGB) e Bordaleira Entre Douro e Minho (BEDM)

Tabela 4.5: Efeitos das características da carcaça e das propriedades intrínsecas da carne sobre os atributos de tenrura da carne de cordeiro embalada ao vácuo, avaliadas mediante parâmetros ajustados por modelos mistos. A significância das fontes de variação testada em análise de variância é apresentada (p-val do teste F)

Modelo	Fonte de variação	Declive		Trabalho		Força	
		Parâmetro (SE)	p-val (F)	Parâmetro (SE)	p-val (F)	Parâmetro (SE)	p-val (F)
PCF	Intercepto	1.069 (0.069)*	<.0001	18.47 (1.562)*	<.0001	4.080 (0.314)*	<.0001
	PCF	-0.005 (0.006)	0.048	-0.187 (0.146)	<.0001	-0.011 (0.030)	0.008
	Dia	-0.042 (0.013)*	<.0001	-1.688 (0.291)*	<.0001	-0.238 (0.056)*	<.0001
	Dia ²	0.001 (0.000)*	0.042	0.070 (0.016)*	<.0001	0.009 (0.003)*	0.003
	Raça - CGB	0.127 (0.059)*	0.035	2.196 (1.318)	0.101	0.673 (0.273)*	0.017
pH 24 h	Intercepto	1.533 (0.691)*	<.0001	49.65 (15.26)*	<.0001	7.908 (3.186)*	<.0001
	pH ₂₄	-0.085 (0.118)	0.046	-5.150 (2.625)*	<.0001	-0.673 (0.548)	0.004
	Dia	-0.042 (0.013)*	<.0001	-1.688 (0.291)*	<.0001	-0.238 (0.056)*	<.0001
	Dia ²	0.001 (0.000)*	0.042	0.070 (0.016)*	<.0001	0.009 (0.003)*	0.003
	Raça - CGB	0.077 (0.041)	0.065	2.603 (0.907)*	0.006	0.470 (0.189)*	0.016
a _w 24 h	Intercepto	-9.738 (7.087)	<.0001	-84.55 (163.8)	<.0001	-38.20 (33.10)	<.0001
	aw ₂₄	10.85 (7.138)	0.132	105.1 (165.1)	0.518	42.51 (33.41)	0.205
	Dia	-0.043 (0.012)*	<.0001	-1.688 (0.291)*	<.0001	-0.238 (0.056)*	<.0001
	Dia ²	0.001 (0.000)*	0.042	0.070 (0.016)*	<.0001	0.009 (0.003)*	0.003
	Raça - CGB	0.093 (0.034)*	0.009	3.552 (0.791)*	<.0001	0.594 (0.160)*	0.001
Humidade (%)	Intercepto	0.347 (1.069)	<.0001	39.56 (24.25)	<.0001	0.183 (4.965)	<.0001
	Humidade	0.008 (0.013)	0.608	-0.257 (0.314)	0.012	0.050 (0.064)	0.419
	Dia	-0.043 (0.012)*	<.0001	-1.688 (0.291)*	<.0001	-0.238 (0.056)*	<.0001
	Dia ²	0.001 (0.000)*	0.042	0.070 (0.016)*	<.0001	0.009 (0.003)*	0.003
	Raça - CGB	0.103 (0.038)*	0.009	3.263 (0.865)*	<.0001	0.651 (0.177)*	0.001
Gordura (g/100 g bs)	Intercepto	1.072 (0.057)*	<.0001	20.03 (1.322)*	<.0001	4.180 (0.259)*	<.0001
	Gordura	-0.009 (0.007)	0.755	-0.067 (0.161)	0.040	-0.047 (0.032)	0.420
	Dia	-0.043 (0.012)*	<.0001	-1.688 (0.291)*	<.0001	-0.238 (0.056)*	<.0001
	Dia ²	0.001 (0.000)*	0.042	0.070 (0.016)*	<.0001	0.009 (0.003)*	0.003
	Raça - CGB	0.124 (0.041)*	0.004	3.767 (0.945)*	0.001	0.746 (0.190)*	0.001
Proteína (g/100 g bs)	Intercepto	0.483 (0.724)	<.0001	4.991 (16.44)	<.0001	0.088 (3.347)	<.0001
	Proteína	0.006 (0.008)	0.721	0.169 (0.188)	0.343	0.045 (0.038)	0.698
	Dia	-0.043 (0.012)*	<.0001	-1.688 (0.291)*	<.0001	-0.238 (0.056)*	<.0001
	Dia ²	0.001 (0.000)*	0.042	0.070 (0.016)*	<.0001	0.009 (0.003)*	0.003
	Raça - CGB	0.105 (0.038)*	<.0001	3.860 (0.858)*	<.0001	0.676 (0.175)*	0.001
Cinzas (g/100 g bs)	Intercepto	0.864 (0.160)*	<.0001	21.33 (3.670)*	<.0001	3.192 (0.740)*	<.0001
	Cinzas	0.031 (0.026)	0.906	-0.273 (0.615)	0.051	0.144 (0.124)	0.824
	Dia	-0.043 (0.012)*	<.0001	-1.688 (0.291)*	<.0001	-0.238 (0.056)*	<.0001
	Dia ²	0.001 (0.000)*	0.042	0.070 (0.016)*	<.0001	0.009 (0.003)*	0.003
	Raça - CGB	0.108 (0.037)*	0.005	3.421 (0.846)*	0.001	0.664 (0.171)*	0.001

Pode-se também observar na Figura 4.4 que nos três atributos extraídos da curva Warner-Bratzler, a carne procedente da raça BEDM apresentou os valores mais baixos, sendo, portanto, a carne mais tenra. Isto foi sugerido também pela análise estatística uma vez que as estimativas para “raça – CGB” obtidas em todos os modelos para o declive, trabalho e força, foram sempre positivas (Tabela 4.5), indicando que a carne de raça CGB produziu valores mais altos ($p > 0.05$).

No entanto, devemos destacar que estes resultados devem ser interpretados com precaução uma vez que as variáveis raça, pH_{24} e PCF se encontraram fortemente confundidas ou associadas. Isto é, as carnes procedentes da raça CGB apresentaram pH_{24} médio mais baixo ($pH_{24}=5.61$) que as procedentes da raça BEDM ($pH_{24}=5.80$; Figura 4.1), e um PCF médio (14.28 Kg) mais alto que as BEDM (7.03 Kg). Sendo assim, é mais provável que as diferenças na tenrura (declive, trabalho e força) se devam em maior medida ao PCF e ao pH_{24} da carne do que à raça do cordeiro *per se*.

Após análise dos efeitos das propriedades intrínsecas da carcaça/carne sobre os atributos de tenrura (Tabela 4.5), foi evidente que de entre todas as propriedades intrínsecas avaliadas, as que determinaram a tenrura da carne de cordeiro foram o PCF e o pH_{24} , pois na análise de variância, estas duas propriedades tiveram efeitos significativos nos três atributos de tenrura – declive ($p=0.048$ para PCF e $p=0.046$ para pH_{24}), trabalho ($p<.0001$ para ambos PCF e pH_{24}) e força ($p=0.008$ para PCF e $p=0.004$ para pH_{24}). As carcaças com maior peso frio apresentaram menores medidas de declive (efeito = -0.005), trabalho (efeito = -0.187) e força (efeito = -0.011), produzindo por conseguinte carne mais tenra. Ao contrário dos resultados encontrados nesta investigação, Teixeira *et al.* (2005) sugeriram que a resistência ao corte aumenta quando maior for o peso do animal. No entanto, a relação entre peso de carcaça e tenrura da carne é modulada também pelo teor de gordura e/ou de proteína da carne. Se a carne tiver um maior conteúdo de proteína, provenientes de animais hipertróficos, esta será menos tenra. Se a carne tiver maior teor de gordura intramuscular, esta então será mais tenra. No nosso caso, a carne proveniente de carcaças de maior peso mostrou-se mais tenra porque os animais apresentavam maior estado de engorda (Tabela 4.1).

Da mesma forma, carne com maior pH₂₄ foi mais tenra durante a maturação em frio, como se deduz pelos valores negativos dos efeitos para declive (efeito = -0.085), trabalho (efeito = -5.150) e força (efeito = -0.673). Estes efeitos, altamente significativos, do pH₂₄ nas medidas de tenrura da carne confirmam o anteriormente exposto; que estando a variável raça confundida com o pH₂₄, o verdadeiro efeito da raça não é discernível. Adicionalmente, a carne com maior pH₂₄ (raça BEDM) não somente foi mais tenra, se não que também apresentou um menor potencial para a maturação em frio. Ao contrário, as carnes com menor pH₂₄ (raça CGB), e que num início foram mais duras, tiveram um maior potencial de maturação (Figura 4.4). Contudo, em ambos casos, a partir do nono dia, a carne de cordeiro não ganha maciez significativa; assim a maturação ativa da carne de cordeiro ocorre durante os primeiros 9 dias após abate.

Os teores de humidade e de gordura influíram no trabalho de cisalhamento ($p=0.012$ e 0.040 , respetivamente), embora não no declive nem na força máxima (Tabela 4.5). Assim, carne de cordeiro mais húmida ou com maior teor de gordura requerem menos trabalho de cisalhamento, pelo que podem ser percebidas como mais tenras. Estes resultados coincidem com o sustentado por Koochmarai *et al.* (1995) e Shackelford *et al.* (1997) que encontraram que as carcaças com menor percentagem de carne magra (maior proporção de gordura) apresentaram carne menos duras e mais suculentas. Nem a atividade da água, nem o teor de proteína nem o teor de cinzas tiveram qualquer relação com os atributos de tenrura da carne de cordeiro.

Em termos do grau de tenrura que possuía a carne de cordeiro nesta experiência, as medições de força de cisalhamento, as quais oscilaram entre 2.5 e 4.6 Kg/cm² durante a maturação (Figura 4.4), não distaram dos valores reportados por Bressan *et al.* (2001) (2.3 – 3.2 Kg/cm²) e Sem *et al.* (2004) (3.74 Kg/cm²). No entanto, a carne desta experiência apresentou-se muito mais tenra que aquelas utilizadas em Teixeira *et al.* (2005), onde se determina uma média de 7.8 Kg/cm² para a raça CGB.

5. Conclusões

Apesar do efeito da raça se confundir com o efeito do pH final (5,58 – 5,64 para a carne CGB e 5.77 – 5.83 para a carne BEDM) e com o peso de carcaça fria (13.72 a 14.80 Kg para CGB e 6.45 a 7.60 para BEDM), foi possível elucidar o efeito da raça na componente a* da carne e nos atributos de tenrura obtidos pelo teste Warner-Bratzler – declive, trabalho e força. A raça não influenciou nem no nível de peroxidação lipídica (TBARs) nem na capacidade de retenção de água. Durante a maturação, as componentes da cor a* e b* e os TBARs aumentaram linearmente, enquanto a capacidade de retenção de água e os atributos de tenrura diminuíram no tempo de forma côncava e convexa, respetivamente. As componentes L* e a* da cor da carne de cordeiro foram moduladas pelo pH final, pela humidade, pelo peso da carcaça fria, pelo teor de gordura e de cinzas. Carnes com pH final mais alto, maior humidade ou maior teor de cinzas tenderam a ser mais pálidas, enquanto carcaças com maior peso frio ou maior teor de gordura produziram carnes mais escuras. Ao contrário, as carnes com pH final mais baixo, menor humidade ou menor teor de cinzas tenderam a ser mais avermelhadas, enquanto as carcaças com menor peso ou menor teor de gordura produziram carnes menos avermelhadas. A componente b* da cor foi um atributo independente, sem relação com qualquer propriedade intrínseca da carne.

O grau de oxidação lipídica da carne de cordeiro não foi regulado pelo pH final, mas sim pelo peso de carcaça fria, pelo teor de gordura, pela atividade da água, pela humidade, e, portanto, pelo teor de cinzas. Um maior peso de carcaça fria ou um maior teor de gordura esteve associado com níveis de TBARs mais elevados ao longo da maturação, enquanto a carne com maior teor de humidade, maior atividade da água ou maior teor de cinzas apresentou níveis de TBARs mais baixos. No início da maturação, as perdas por cocção foram baixas e não mudaram significativamente nos primeiros dias; à medida que avançou a maturação, as perdas por cocção se incrementaram abruptamente. A velocidade com que se reduz a capacidade de retenção de água durante a maturação é modulada pelo peso de carcaça fria, pelo pH final, pelo teor de humidade, pela gordura e pelo teor de cinzas. No fim da maturação, uma carcaça mais pesada, carne com pH final mais alto e maior teor de gordura retém mais água, enquanto carnes

com menor teor de humidade ou menor teor de cinzas tendem a sofrer maiores perdas por cocção.

Os três atributos de tenrura da carne de cordeiro sofreram uma queda abrupta de natureza quadrática assintótica durante a maturação. Os cordeiros da raça BEDM apresentaram carne mais tenra, e embora este facto tenha estado associado aos valores de pH mais altos na carne BEDM, a diferença na tenrura entre carne BEDM e CGB permaneceu até ao final da maturação (15 dias). A carne de cordeiro proveniente da raça CGB, tendo um pH final mais baixo, apresentou um maior potencial de maturação, embora o amaciamento ativo da carne de cordeiro embalada ao vácuo para ambas a raça tenha ocorrido até cerca dos 10 dias de maturação. Após este tempo de maturação, foi obtido um ganho reduzido na tenrura da carne. Porém, independentemente da raça, as propriedades determinantes da tenrura da carne de cordeiro foram o pH final e o peso de carcaça fria. A maior pH final ou maior peso de carcaça fria, a carne apresentou maior tenrura. O teor de proteína foi a única propriedade intrínseca, dentro das estudadas, que não teve qualquer influência ou relação com os atributos de qualidade da carne. Assim, com o presente trabalho de investigação, foi possível entender como as características da carcaça e as propriedades intrínsecas da carne regulam a evolução dos atributos de qualidade da carne de cordeiro ao longo da maturação.

6. Referências Bibliográficas

Alves, A. R., J. P. Figueiredo Júnior, M. H. M. Santana, M. V. M. Andrade, J. B. A. Lima, L. S. Pinto, e L. M. Ribeiro (2016). Efeito do estresse sobre a qualidade de produtos de origem animal. *Publicações em Medicina Veterinária* 10 (6), 448–459.

Amorim, A.F.S. (2013). Estudo Comparativo das características físico-químicas e sensoriais de carne de capão, galo, “frango comercial” e “frango do campo. Bragança: Instituto Politécnico – Escola Superior Agrária de Bragança. Portugal.

AOACS (2005). Official Procedure, Approved Procedure. Am 5-04, Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction. American Oil Chemistry Society. Urbana, IL, USA.

Asenjo, B., J. Ciria, J. A. Miguel, e J. L. Calvo (2005). Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes, Capítulo: Factores que influyen en la calidad de la carne, pp. 291–299. Monografías INIA.: Serie Ganadería. Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Espanha.

Berian, M. (1998). Ovino de carne: aspectos claves, Capítulo: Calidad de la Carne Ovina, pp. 401–418. Mundi-Prensa. Espanha.

Bligh, E.G e W. J. Dyer (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Phys* 37 (9), 11–917

Bressan, M.C., O.V. Prado, J.R.O. Pérez, A.L.S.C. Lemos, S. Bonagurio (2001). Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre as características físico-químicas da carne. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 21 (3), 293-303.

Bonacina, M. S., M. T. M. Osório, J. C. da Silveira Osório, G. F. Corrêa, J. H. Hashimoto, e R. I. Lehmen (2011, 08). Avaliação sensorial da carne de cordeiros machos e fêmeas Texel*Corriedale terminados em diferentes sistemas. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40, 1758 – 1766.

Cheng, Q. e D.-W. Sun (2008). Factors affecting the water holding capacity of red meat products: A review of recent research advances. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 48 (2), 137–159.

CIE (1977). CIE recommendations on uniform color spaces, color-difference equations, and metric color terms. *Color Research and Application* 2 (1), 5–6.

CIE (1978). International Commission on illumination, recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms. Supplement No.15 to CIE publication No. 15 (E-1.3.1) 1971(TO-1.3). Bureau Central de la CIE, Paris France.

Cross, H. R. (1994). *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*, Chapter Características organolépticas de la carne. Parte 1 - Factores sensoriales y evaluación, pp. 279–297. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

Cruz, B. C., J. Cerqueira, J. Araújo, U. Gonzales-Barron, e V. Cadavez (2019). Estudio de las características de crecimiento de corderos de las razas Churra Galega-Bragançana y Bordaleira-de-Entre-Douro-e-Minho. In M. Alibés, A. Martínez, A. Jal, J. Lacosta, M. Górriz, S. Ascaso, D. Collado, J. Liesa, and G. García (Eds.), XVIII Jornadas sobre Producción Animal, Producción Animal, Zaragoza, Espanha, pp. 66–68. Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario.

Devine, C., A. Graafhuis, P. Muir, e B. Chrystall (1993). The effect of growth rate and ultimate pH on meat quality of lambs. *Meat Science* 35 (1), 63–77.

Dhanda, J. S., D. G. Taylor, P. Murray, R. B. Pegg, e P. Shand (2003). Goat meat production: Present status and future possibilities. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 16 (12): 1842-1852.

Domínguez, R., S. Crecente, P. Borrajo, e R. A. e J. M. Lorenzo (2015). Effect of slaughter age on foal carcass traits and meat quality. *Animal* 9: 1713–1720.

Dransfield, E. (1994). Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. *Meat Science* 36 (1), 105 – 121.

Ekiz, B., E. E. Ekiz, O. Kocak, H. Yalcintan, e A. Yilmaz (2012). Effect of preslaughter management regarding transportation and time in lairage on certain stress parameters, carcass and meat quality characteristics in Kivircik lambs. *Meat Science* 90 (4), 967 – 976.

Ellis, M., Bertol, T.M. (2001). Efeitos do peso de abate sobre a qualidade de carne suína e da gordura. In: *Confrência internacional virtual sobre qualidade de carne suína*, pp.236.

Enser, M., K. G. Hallett, B. Hewett, A. J. Fursey, J. D. Wood, e G. Harrington (1998). Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science* 49 (3), 329–341.

Eric, N., D.L. Hopkins, H.B. Duo Li, G. Baldi, e Alaa El-din Bekhit (2017) Causes and contributing factors to “dark cutting” meat: Current trends and future directions: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16 (3), 400–430.

Fernandes, R.P.P., M.T.A. Freire, C.C. Carrer, J.C.C. Balieiro, M.A. Trindade (2012) Estabilidade físico-química, microbiológica e sensorial de carne de ovina embalada a vácuo estocada sob a refrigeração. *Ciência Rural* 42 (4), 724-729.

Franco, D., E. Bispo, L. Gonzalez, J.A. Vazquez e T. Moreno (2009) Effect of finishing and ageing time on quality attributes of loin from the meat of Holstein-Friesian cull cows. *Meat Science*. 83:484-491.

Frescura, R. B. M., C. C. Pires, M. G. da Rocha, J. S. da Silva, e L. Müller (2005). Sistemas de alimentação na produção de cordeiros para abate aos 28 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34 (4), 1267–1277.

Gularte, M. A., R. de Oliveira Treptow, J. L. F. Pouey, e J. C. Osório (2000). Idade e sexo na maciez da carne de ovinos da raça Corriedale. *Ciência Rural* 30, 485–488.

Honikel, K.O. (1997). Reference methods supported by OECD and their use in Mediterranean meat products. *Food Chemistry* 5:573-582

Horstein, I. e A. Wasserman (1994). *Ciência de la carne e de los productos cárnicos*, Capítulo: Características organolépticas de la carne. Parte 2 – Química del aroma y sabor de la carne, pp. 299–316. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

Huidobro, F. R. d., J. L. Sancha, D. López, M. A. Cantero, V. C. Martínez, S. Velasco, C. M. Ruiz, J. Gayan, S. L. Gómez, e C. Pérez (1998). Características instrumentales y sensoriales de la carne de corderos lechales de raza Talaverana. *Investigación Agraria. Producción y Sanidad Animales* 13, (1-3), 21–30.

INE (2016). *Estatísticas agrícolas 2015*. Tech Report, INE, I. P., Lisboa, Portugal.

Ijaz, M., X. Li, D. Zhang, Z. Hussain, C. Ren, Y. Bai, e X. Zheng (2020). Association between meat color of DFD beef and other quality attributes. *Meat Science* 161, 107-954.

ISO (1998). Determination of ash content. ISO 936:1998 Standard. En: *International Standards Meat and Meat Products*. International Organization for Standardization Ginebra. Suíza.

ISO (1997). Determination of moisture content. ISO 1442:1997 Standard. En: *International Standards Meat and Meat Products*, International Organization for Standardization, Ginebra, Suíza.

ISO (1978). Determination of nitrogen content. ISO 937:1978 Standard. En: International Standards Meat and Meat Products. International Organization for Standardization. Ginebra. Suíza.

Jeremiah, L., S. Jones, A. Tong, e L. Gibson (1997). The influence of lamb chronological age, slaughter weight and gender on carcass measurements. *Sheep and Goat Research Journal* 13 (2), 87–95.

Jeremiah, L., A. Tong, e L. Gibson (1998). The influence of lamb chronological age, slaughter weight, and gender. flavor and texture profiles. *Food Research International* 31 (3), 227 – 242. Joy, M., G. Ripoll, e R. Delfa (2008). Effects of feeding system on carcass and non-carcass composition of Churra Tensina light lambs. *Small Ruminant Research* 78 (1), 123 – 133.

Kharb, R., G. Kumar, K. Dhama, e M. A. Akbar (2017). Effect of mineral supplementation on nutrient utilization and growth performance of lambs. *Journal of Experimental Biology e Agricultural Sciences* 5 (6), 774–779.

Koohmaraie, M., S. D. Shackelford, T. L. Wheeler, S. M. Lonergan, e M. E. Doumit (1995, 12). A muscle hypertrophy condition in lamb (callipyge): characterization of effects on muscle growth and meat quality traits. *Journal of Animal Science* 73 (12), 3596–3607.

Lawrie, R. A., (1998). Glicólise post mortem. *Ciência de la Carne*. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, Espanha, pp. 77-79.

Li, W., G. Zhao, J. Chen, M. Zheng, e J. Wen (2009). Influence of dietary vitamin e supplementation on meat quality traits and gene expression related to lipid metabolism in the beijing-you chicken. *British Poultry Science* 50 (2), 188–198.

Lipiński, K., M. Stasiewicz, C. Purwin, e K. Zuk-Golaszewska (2011). Effects of magnesium on pork quality. *Journal of Elementology* 16 (2), 325–337.

Maganhini, M. B., B. Mariano, A. L. Soares, P. D. Guarnieri, M. Shimokomaki, e E. I. Ida (2007). Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD (Dark, Firm, Dry) em lombo suíno numa linha de abate industrial. *Ciência e Tecnologia Alimentar* 27 (1), 69 – 72.

Mancini, R. A. e M. C. Hunt (2005). Current research in meat color. *Meat Science* 71 (1), 100 – 121. 51st International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST).

Marcinowska-Suchowierska, E., M. Kupisz-Urbańska, J. Lukaszewicz, P. Pludowski, e G. Jones (2018). Vitamin d toxicity-a clinical perspective. *Frontiers in Endocrinology* 9, 550.

Moreno-Camarena, L., I. Domínguez-Vara, J. Bórquez-Gastelum, J. SánchezTorres, J. Pinos-Rodríguez, A. Mariezcurrena-Berasain, E. Morales-Almaráz, e A. Z. M. Salem (2015).

Effects of organic chromium supplementation to finishing lambs diet on growth performance, carcass characteristics and meat quality. *Journal of Integrative Agriculture* 14 (3), 567 – 574.

Moreno-Camarena, L., I. A. Vara, J. L. Bórquez-Gastelum, R. Rubio, e S. A. Z. M. (2013, 01). Organic Chromium in Nutrients Metabolism and Distribution in Sheep. En: *Nutritional Strategies of Animal Feed Additives*. pp. 137–152. Nova Science Publishers, Hauppauge, NY, USA

Ohh, S. J. e J. Y. Lee (2005). Dietary chromium-methionine chelate supplementation and animal performance. *Asian-Australasian Journal Animal Science* 18 (6), 898–907.

Ortega, A., D. Chito, e A. Teixeira. (2016). Comparative evaluation of physical parameters of salted goat and sheep meat blankets "mantas" from Northeastern Portugal.

Osório, M. T. M. e J. C. S. Osório (2000). Curso de qualidade de carne e dos produtos cárneos, Capítulo: Condições de abate e qualidade de carne, pp. 77–128. Bagé/RS: EMBRAPA, Brasil.

Pardi, M.C., I.F. Santos, E.R. Souza. (2001) *Ciência, higiene e tecnologia da carne*, Goiânia: Centro Editorial e Gráfico da Universidade Federal de Goiás 2(1), 623.

Park, B. Y. e I. H. Lee, J. M. e Hwang (2007). Effect of post mortem metabolic rate on meat color. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 20 (4), 598–604.

Phelps, M. R., A. J. Garmyn, J. C. Brooks, G. G. Mafi, S. K. Duckett, J. F. Legako, T. G. O'Quinn, e M. F. Miller (2018). Effects of marbling and postmortem aging on consumer assessment of United States lamb loin. *Meat and Muscle Biology* 2, 221–232.

Póltorak, A., M. Moczowska, J. Wyrwisz, e A. Wierzbicka (2017). Beef tenderness improvement by dietary vitamin D3 supplementation in the last stage of fattening of cattle. *Journal of Veterinary Research* 61 (1), 59–67.

Pompeu, M. A., L. F. Cavalcanti, e F. L. Toral (2018). Effect of vitamin e supplementation on growth performance, meat quality, and immune response of male broiler chickens: A meta-analysis. *Livestock Science* 208, 5 – 13.

Prates, J.A.M (2000). Maturação da carne dos mamíferos: Caracterização geral e modificações físicas. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 95, (533), 34-41.

Ramos, E.M, e Gomide, L.A.M (2007). Avaliação da qualidade de carnes, fundamentos e metodologias. *Viçosa* (1), 120-270.

Ripoll, G., M. Joy, e F. Muñoz (2011). Use of dietary vitamin E and selenium (se) to increase the shelf life of modified atmosphere packaged light lamb meat. *Meat Science* 87 (1), 88 – 93.

Risvik, E. (1994). Sensory properties and preferences. *Meat Science* 36, 67–77.

Rodrigues, S., V. Cadavez, e A. Teixeira (2006). Breed and maturity effects on Churra Galega Bragançana and Suffolk lamb carcass characteristics: Killing-out proportion and composition. *Meat Science* 72 (2), 288 – 293.

Rosenvold, K. e H. J. Andersen (2003). The significance of pre-slaughter stress and diet on colour and colour stability of pork. *Meat Science* 63 (2), 199 – 209.

Ruiz de Huidobro, F., V. Cañeque, S. Lauzurica, S. Velasco, C. Pérez, e E. Onega (2001, 01). Sensory characterization of meat texture in sucking lamb: Methodology. *Investigación agraria. Producción y Sanidad Animal* 16 (2), 245-256.

Safari, E., N. M. Fogarty, G. R. Ferrier, L. D. Hopkins, e A. Gilmour (2001). Diverse lamb genotypes. 3. Eating quality and the relationship between its objective measurement and sensory assessment. *Meat Science* 57, 153–159.

Santos, V., S. Silva, E. Mena, e J. Azevedo (2007). Live weight and sex effects on carcass and meat quality of “borrego Terrincho–PDO” suckling lambs. *Meat Science* 77 (4), 654 – 661.

Santos-Rodrigues, G., J. M. Lorenzo, U. Gonzales-Barron, e V. Cadavez (2019, Mayo). Características físico-químicas y terneza de la carne de cordero de dos razas autóctonas portuguesas. In M. Alibés, A. Martínez, A. Jal, J. Lacosta, M. Górriz, S. Ascaso, D. Collado, J. Liesa, e G. García (Eds.), XVIII Jornadas sobre Producción Animal, Zaragoza, Espanha, pp. 525–527. Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario.

Sañudo, C (1991). La calidad organoléptica de la carne con especial referencia a la especie ovina. Factores que la determinan, métodos de medida y causas de variación. Tese de PhD, Facultad de Veterinaria, Zaragoza, Espanha.

Sañudo, C., M.E. Enser, M.M. Campo, G.R. Nute, G. María, I.E., Sierra, e J.D. Wood (2000). Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. *Meat Science* 54 (4), 339-346.

Sañudo, C., M.M. Campo, I. Sierra (1997). Breed effect on carcass and meat quality of suckling lambs. *Meat Science* 46 (4), 357-365.

Schweigert, B. S. (1994). Ciencia de la carne y de los productos cárnicos, Capítulo Contenido en nutrientes y valor nutritivo de la carne y los productos cárnicos, pp.249–277. Zaragoza, España: Editorial Acirbia.

Sen, A.R., A. Santra, S.A. e Karim. (2004). Carcass yield, composition and meat quality attributes of sheep and goat semiarid conditions. *Meat Science* 66:754-763.

Shackelford, S. D., T. L. Wheeler, e M. Koohmaraie (1997). Effect of the callipyge phenotype and cooking method on tenderness of several major lamb muscles. *Journal of Animal Science* 75 (8), 2100–2105.

Silva, N.V., J.H. Silva, M.S. Coelho, E.R.A. Oliveira, J.A. Araújo, e A.L.L. Amâncio (2008). Características de carcaça e carne ovina: Abordagem das variáveis metodológicas e fatores de influência. *Veterinária Brasília* 2 (4), 103-110.

Silva, R.S., V. P. Cadavez, e T.M.J. Azevedo (2007). Carcaça e carne de Borrego e Cabrito, Avaliação da Qualidade e da Composição. *Serviços Gráficos UTAD* 3:49-55.

Simões, J. A. e I. A. Mendes (1998). A note on the muscle, fat and bone contents of Portuguese light lamb carcasses. *Meat Science* 50 (1), 33–36.

Sinclair, L.A (2007). Nutritional manipulation of the fatty acid composition of sheep meat: a review. *Journal of Agricultural Science* 145 (5), 419-434.

Tarladgis, B.G., B.M. Watts, M.T. Younathan, e L.R.A. Dugan Júnior (1960). Distillation method for quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of American Oil Chemist Society* 37, 44-48.

Teixeira, A., S. Batista, R. Delfa, e V. Cadavez (2005). Lamb meat quality of two breeds with protected origin designation. influence of breed, sex and live weight. *Meat Science* 71 (3), 530 –536.

Teixeira, I. A. M. A., K. T. Resende, A. M. A. Silva, A. G. S. Sobrinho e A. P. O. Sader (2013, 05). Mineral requirements for growth of wool and hair lambs. *Revista Brasileira de Zootecnia* 42, 347 – 353.

Umar, M., K. S. Sastry, e A. I. Chouchane (2018). Role of vitamin d beyond the skeletal function: A review of the molecular and clinical studies. *International Journal of Molecular Sciences* 19 (6), 1618.

Vergara, H. e L. Gallego (1999). Effect of type of suckling and length of lactation period on carcass and meat quality in intensive lamb production systems. *Meat Science* 53 (3), 211–215.

Vergara, H., A. Molina, e L. Gallego (1999). Influence of sex and slaughter weight on carcass and meat quality in light and medium weight lambs produced in intensive systems. *Meat Science* 52 (2), 221 – 226.

Vestergaard, M., N. Oksbjerg, e P. Henckel (2000). Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of *Semitendinosus*, *Longissimus dorsi* and *Supraspinatus* muscles of young bulls. *Meat Science* 54 (2), 177 – 185.

Yan, X., F. Zhang, D. Li, e Z. Jia (2010, 02). Effects of chromium on energy metabolism in lambs fed with different dietary protein levels. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 23.

Zhao, T., H. Luo, Y. Zhang, K. Liu, H. Jia, Y. Chang, L. Jiao, e W. Gao (2013,12). Effect of vitamin e supplementation on growth performance, carcass characteristics and intramuscular fatty acid composition of *Longissimus dorsi* muscle in tan' sheep. *Chilean Journal of Agricultural Research* 73, 358 – 365.