

DÉBORA EVELYN DE FREITAS ASSIS

**INFLUÊNCIA DO GRUPO GENÉTICO, MATURIDADE, CLASSE SEXUAL E
TEMPO DE MATURAÇÃO SOBRE OS PARÂMETROS DE CARÇAÇA E
QUALIDADE DA CARNE BOVINA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Mario Luiz Chizzotti

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

A848i
2023

Assis, Débora Evelyn de Freitas, 1990-
Influência do grupo genético, maturidade, classe sexual e
tempo de maturação sobre os parâmetros de carcaça e qualidade
da carne bovina / Débora Evelyn de Freitas Assis. – Viçosa, MG,
2023.

1 tese eletrônica (70 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Mário Luiz Chizzotti.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Zootecnia, 2023.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.612>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Bovinos de corte - Carcaças. 2. Bovinos de corte -
Registros de desempenho. I. Chizzotti, Mário Luiz, 1980-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia.
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

CDD 22. ed. 636.213

Bibliotecário(a) responsável: Euzébio Luiz Pinto CRB-6/3317


DÉBORA EVELYN DE FREITAS ASSIS

**INFLUÊNCIA DO GRUPO GENÉTICO, MATURIDADE, CLASSE SEXUAL E
TEMPO DE MATURAÇÃO SOBRE OS PARÂMETROS DE CARÇAÇA E
QUALIDADE DA CARNE BOVINA**


Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 23 de junho de 2023.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 **DEBORA EVELYN DE FREITAS ASSIS**
Data: 12/10/2023 11:27:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Débora Evelyn de Freitas Assis
Autora

Documento assinado digitalmente
 **MARIO LUIZ CHIZZOTTI**
Data: 10/10/2023 16:10:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Mario Luiz Chizzotti
Orientador

BIOGRAFIA

Débora Evelyn de Freitas Assis, filha de Eunice Arlinda de Freitas Assis e Ilidio de Assis, nasceu em 23 de setembro de 1990, na cidade de Viçosa, Minas Gerais.

Ingressou no curso de graduação em Zootecnia no Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais- Campus Rio Pomba no ano de 2010. Em 2012, transferiu para Universidade Federal de Viçosa, tornando-se Bacharel em Zootecnia em julho de 2015, sendo bolsista de iniciação científica pela FAPEMIG entre os anos 2014-2015, sob orientação do professor Mario Luiz Chizzotti.

Em agosto de 2016, ingressou-se no mestrado em Zootecnia, no programa de pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa também sob orientação do professor Mario Luiz Chizzotti. Defendeu o título de mestre em Zootecnia em 27 de julho de 2018.

Iniciou o doutorado em fisiologia da produção e qualidade da carne em março de 2019 no programa de pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa sob orientação do professor Mario Luiz Chizzotti. Submeteu tese de doutorado para defesa em 23 de junho de 2023.

Aos meus amores, dedico!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ser meu refúgio e minha fortaleza.

Agradeço à minha mãe, Eunice, por compartilhar, apoiar meus sonhos e pelos seus ensinamentos. Te amo mãe, você é meu porto seguro! Ao meu pai, Ilidio, pela transmissão de valores, conselhos, ser meu fiel escudeiro. Meu exemplo de vida!

Aos meus irmãos, Gutierrez e Joubert, por dividir essa jornada comigo, o apoio, carinho e paciência de vocês foi primordial para manter meu equilíbrio. E, ao meu sobrinho Pedro José pelo amor mais puro que uma pessoa pode oferecer.

Agradeço aos professores do Departamento de Zootecnia por dividir comigo seus ensinamentos e pela enorme contribuição para nosso trabalho. Em especial, agradeço ao professor Mário Luiz Chizzotti pela orientação ao longo da minha vida acadêmica, por confiar em mim mais que eu mesma e pela troca de conhecimentos.

Gratidão a todos do Laboratório de Ciência da Carne. Não poderia esquecer da Old School, meus irmãos de coração, por me aconselhar, apoiar e direcionar quando estava perdida nos meus pensamentos.

Agradeço aos amigos do LabNur, por dividir e tornar essa caminhada mais leve.

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Zootecnia, CNPq, FAPEMIG e CAPES, pelo financiamento e a oportunidade de exercer este projeto.

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Enfim, agradeço a todos que de forma direta ou indireta contribuiu para a realização desse trabalho.

Minha sincera gratidão!

“Portanto, não percam a coragem, pois ela traz uma grande recompensa”.
(Hebreus 10:35-36)

RESUMO

ASSIS, Débora Evelyn de Freitas, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2023. **Influência do grupo genético, maturidade, classe sexual e tempo de maturação sobre os parâmetros de carcaça e qualidade da carne bovina.** Orientador: Mario Luiz Chizzotti.

O presente trabalho consiste em dois manuscritos. Ambos conduzidos no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa e em parceria com frigorífico comercial. No primeiro estudo, objetivou-se avaliar o efeito da raça e da maturidade sobre atributos de carcaça e da carne de bovinos machos castrados e não castrados, das raças Nelore e Nelore X Angus, apresentando 0, 2 ou 4 dentes incisivos permanentes e submetidos ou não ao processo de maturação. Foram utilizados 102 animais, que permaneceram confinados por 128 dias e, ao final desse período, foram abatidos. As carcaças foram resfriadas e retirou-se uma amostra do músculo *Longissimus* na região compreendida entre a 6ª e a 9ª costelas da meia carcaça esquerda para análise das características qualitativas da carne, sendo essas avaliadas sem maturação ou maturadas por 7, 14 ou 21 dias *post-mortem*. Os dados foram analisados em DIC, utilizando o PROC MIXED do SAS 9.0. A área de olho de lombo apresentou efeito de classe sexual ($P < 0,0001$), espessura de gordura subcutânea ($P=0,0029$) e raça ($P= 0,0007$). A cor da carne apresentou diferença significativa para classe sexual ($P < 0,0001$) para L, para a* observou-se efeito de classe sexual ($P= 0,0147$), raça ($P= 0,0029$) e maturação ($P= 0,0311$) e avaliando b* verificou-se efeito de raça ($P= 0,0026$) e classe sexual ($P < 0,0001$). Quanto a força de cisalhamento, observou-se efeito para classe sexual ($P < 0,0001$), maturação ($P < 0,0001$), interação maturidade*raça ($P= 0,0076$) e raça*classe sexual ($P=0,0132$). Conclui-se que animais castrados independente de raça e idade apresentaram carne mais macia que os demais animais em estudo. No segundo estudo, objetivou-se obter uma equação não linear para estimativa do peso de carcaça, assim como para o rendimento de carcaça de bovinos confinados apresentando diferentes classes sexuais e grupo genético. Foram utilizados dois bancos de dados. O primeiro contendo informações de 19 experimentos, utilizado para estabelecer as relações entre o peso corporal em jejum (PCJ, kg) e o peso de carcaça quente antes da toaleta (PCQ, kg). E o segundo, contendo cinco estudos, utilizado para determinar as perdas na toaleta.

Foi considerado o efeito aleatório de estudo e os efeitos fixos do PCJ, grupo genético e classe sexual e realizada a avaliação de ajuste de modelos lineares e não-lineares que melhor descrevem estatisticamente as relações PCJ e PCQ e de PCQ e PCQI, com base no critério AIC. Para a equação de predição do PCQ, houve efeito das condições sexuais e dos grupos genéticos ($P < 0,05$) sobre o parâmetro alométrico da equação não-linear de melhor ajuste, mas não houve efeito sobre o intercepto ($P > 0,05$). Não houve efeito da condição sexual ou grupo genético ($P > 0,05$) sobre os parâmetros de toaleta de carcaça, nem significância do intercepto da equação, sendo gerada uma equação geral para todas as classes e grupo genéticos: $PCQI = 0,9401 \times PCQ$ ($R^2 = 0,998$). As equações apresentadas são úteis para estimar o peso de carcaça inicial e determinação do rendimento biológico, assim como para prever o rendimento de carcaça de bovinos confinados.

Palavras-chave: Castração. Cruzamento. Rendimento de carcaça.

ABSTRACT

ASSIS, Débora Evelyn de Freitas, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2023. **Influence of genetic group, maturity, sex class and aging on carcass parameters and beef quality**. Adviser: Mario Luiz Chizzotti

The present work consists of two manuscripts. Both conducted at the Department of Animal Science at the Universidade Federal de Viçosa and in partnership with a commercial slaughterhouse. In the first study, the objective was to evaluate the effect of breed and maturity on carcass and meat attributes of castrated and non-castrated male cattle, of the Nelore and Nelore to the aging process. 102 animals were used, which remained confined for 128 days and, at the end of this period, were slaughtered. The carcasses were cooled, and a sample of the Longissimus muscle was removed from the region between the 6th and 9th ribs of the left half carcass to analyze the qualitative characteristics of the meat, which were evaluated without aging or aged for 7, 14 or 21 days *postmortem*. The data were analyzed in DIC, using PROC MIXED from SAS 9.0. The rib eye area showed an effect of sex class ($P < 0.0001$), subcutaneous fat thickness ($P=0.0029$) and breed ($P= 0.0007$). Meat color showed a significant difference for sex class ($P < 0.0001$) for L, for a^* there was an effect of sex class ($P= 0.0147$), breed ($P= 0.0029$) and aging ($P = 0.0311$) and evaluating b^* there was an effect of breed ($P= 0.0026$) and sexual class ($P < 0.0001$). Regarding shear force, there was an effect for sex class ($P < 0.0001$), aging ($P < 0.0001$), maturity*breed interaction ($P= 0.0076$) and breed*sex class ($P=0 ,0132$). It is concluded that castrated animals regardless of breed and age had softer meat than the other animals under study. In the second study, the objective was to obtain a non-linear equation for estimating carcass weight, as well as carcass yield of confined cattle with different sex classes and genetic groups. Two databases were used. The first contains information from 19 experiments, used to establish relationships between fasting body weight (SBW, kg) and hot carcass weight before toileting (HCW, kg). And the second, containing five studies, used to determine toilet losses. The random effect of the study and the fixed effects of SBW, genetic group and sex class were considered and the fit assessment of linear and non-linear models that best statistically describe the SBW and HCW and HCW and HCWI relationships was carried out, based on the AIC criteria. For the PCQ prediction equation, there was an effect of sexual conditions and genetic

groups ($P < 0.05$) on the allometric parameter of the best-fitting non-linear equation, but there was no effect on the intercept ($P > 0.05$). There was no effect of sexual condition or genetic group ($P > 0.05$) on carcass toilet parameters, nor significance of the intercept of the equation, generating a general equation for all classes and genetic groups: $HCWI = 0.9401 \times HCW$ ($R^2 = 0.998$). The equations presented are useful for estimating initial carcass weight and determining biological yield, as well as for predicting carcass yield of confined cattle.

Keywords: Castration. Crossing. Carcass yield.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	13
REVISÃO DE LITERATURA	15
CAPÍTULO 1: Influência da raça, maturidade, classe sexual e tempo de maturação sobre os atributos de qualidade de carcaça e carne bovina	28
1. RESUMO	29
2. ABSTRACT	31
3. INTRODUÇÃO	33
4. OBJETIVOS	34
5. MATERIAIS E MÉTODOS	34
5.1. Local, animal e dieta	34
5.2. Abate e avaliação das carcaças	35
5.3. Coletas, processamento e análises de carne e gordura subcutânea	36
5.4. Mensuração instrumental da coloração da carne e gordura subcutânea	36
5.5. Perdas de exsudato de carne e Força de cisalhamento da Warner – Bratzler (WBSF)	37
5.6. Análises estatística	37
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
6.1. Curva de declínio de PH da carcaça durante o período de resfriamento	38
6.3. Cor da carne	39
6.4. Cor da gordura subcutânea	40
6.5. Perdas por exsudação	41
6.6. Força de cisalhamento	42
7. CONCLUSÕES	44
REFERÊNCIAS	51
CAPÍTULO 2: Efeito da classe sexual e do grupo genético sobre a estimativa de rendimento de carcaça de bovinos confinados utilizando equações não lineares	55
1. RESUMO	56
2. ABSTRACT	57
3. INTRODUÇÃO	58
4. OBJETIVOS	59
5. MATERIAIS E MÉTODOS	59
5.1. Local e animais	59
5.2. Validação da equação de predição do peso de carcaça comercial	61
5.3. Análises estatística	62

6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
7.	CONCLUSÕES.....	67
	REFERÊNCIAS.....	68
	CONCLUSÕES GERAIS.....	70

INTRODUÇÃO GERAL

A pecuária de corte, atividade em ascensão, vem se destacando como uma das principais áreas do agronegócio brasileiro. Segundo o Instituto brasileiro de geografia e estatística (IBGE) em 2021, o rebanho bovino apresentou 224.602.112 de cabeças de gado, sendo responsável por garantir um importante incremento na economia. Essa consolidação no mercado, tanto nacional quanto internacional, pode ser atribuída a diversos fatores, destacando-se o potencial produtivo e reprodutivo dos animais, o que garante a maximização da atividade, diminuindo a área total destinada para tal (Martha et al., 2012), além de preços competitivos e produtos com qualidade superior.

Outro ponto importante para o sucesso da pecuária brasileira é a crescente preocupação com o crescimento demográfico mundial, principalmente de potenciais importadores dos produtos brasileiros, que, associado ao aumento do poder aquisitivo mundial, resulta em aumento do consumo de alimentos com maior valor biológico, destacando as proteínas de origem animal. Além disso, a quantidade de informação a que somos expostos diariamente é destacável, uma vez que, associada aos pontos citados acima, induz a uma maior busca por alimentos funcionais e com qualidade superior, sem, necessariamente, existir aumento significativo do valor desembolsado para aquisição. Dessa forma, a preocupação em atender aos mercados consumidores mais exigentes é constante. Nesse sentido, o entendimento de fatores que podem influenciar as características do produto, auxilia na modulação da qualidade buscada pelo mercado consumidor.

Bridi (2002) reporta que a qualidade da carcaça de um animal é determinada, primeiramente, pelo seu rendimento de carne, gordura e osso; seguido pela qualidade visual, seus atributos organolépticos e tecnológicos. Sendo assim, pode-se afirmar que a qualidade da carcaça e, conseqüentemente, da carne, é modulada pela taxa de crescimento e desenvolvimento do animal ao longo de toda vida produtiva. Ressalta-se que, embora crescimento e desenvolvimento tenham conceitos diferentes, apresentam como pontos convergentes, os principais fatores capazes de modificar seu padrão de resposta *in vivo*, sendo eles genética, maturidade fisiológica e condição sexual.

Paulino et al (2009) reportam que a taxa de crescimento e desenvolvimento entre machos castrados, machos não castrados e fêmeas é diferente, assim como a

qualidade do produto. Embora machos não castrados sejam preferência dentro de alguns sistemas produtivos, por serem mais musculosos e apresentarem maior rendimento de cortes, para o mercado consumidor que preza por maior qualidade esse não é um produto interessante, por apresentar baixo teor de gordura subcutânea e marmoreio, ser menos macia, e com coloração mais escura, em comparação à carne de novilhas e machos castrados.

Em adição, considerando que para obtenção de um produto de qualidade, as respostas *in vivo* devem ser alinhadas com procedimentos no *post mortem*, a utilização de técnicas e processos de estocagem, auxiliam na continuação da modulação do produto dentro dos padrões exigidos pelos consumidores. Dentre as principais técnicas e processamentos de estocagem encontra-se a técnica *wet aging*, que permite a continuação da atividade proteolítica, por um maior período no *post mortem*, sendo essa atividade, um fator determinante para a maciez da carne e uma extensão da proteólise *in vivo* (Stelari et al, 2018).

Diante ao exposto, acreditamos que estudos comparativos com bovinos machos, castrados ou não, apresentando diferentes graus de maturidade fisiológica e tempos de maturação são uma forma interessante de encontrar produtos com características mais rentáveis ao produtor e ao frigorífico, com valores mais acessíveis e com qualidade que atenda o anseio de ambos, minimizando o entrave entre esses elos da cadeia produtiva.

Assim, nesse trabalho, destaca-se a necessidade de avaliação de fatores *in vivo* e *post mortem*, e seus efeitos relacionados com a qualidade dos produtos, carcaça e carne.

Adicionalmente, a estimativa do rendimento de carcaça é uma demanda recorrente de produtores e indústria frigorífica, para melhor estimativa do preço pago ao produtor. Com dados de diferentes estudos serão propostas equações para estimativa de peso de carcaça e cálculo de rendimento, sendo úteis para apoiar a tomada de decisão na compra e venda de carcaça bovina.

Além de propormos, equações para estimar peso de carcaça inicial e determinar o rendimento biológico, assim como predizer o rendimento de carcaça de bovinos confinados, abatidos em frigoríficos comerciais.

REVISÃO DE LITERATURA

Dian et al. (2020) relatou que a demanda por carne bovina no país tem se expandido e que aumentam as exigências em relação à qualidade do produto, principalmente no que diz respeito às carcaças. Sendo essa moldada pela taxa de crescimento e desenvolvimento do animal ao longo de toda vida produtiva.

Crescimento e desenvolvimento animal

O crescimento animal pode ser definido de duas formas distintas (Berg et al. 1976). A primeira forma refere-se ao aumento de massa (peso) corporal por unidade de tempo. A segunda, caracteriza-se pela mudança na forma e composição corporal, resultado do crescimento diferencial dos componentes corporais. Embora o primeiro conceito seja mais fácil de mensurar tornou-se ao longo dos anos e com a evolução dos mercados consumidores, um conceito simplista. Dessa maneira, atualmente, o segundo conceito apresenta maior relevância zootécnica, sendo possível a avaliação dos principais componentes corporais, permitindo a modulação da porcentagem destes na carcaça, acarretando em melhor atendimento aos diferentes mercados consumidores.

O crescimento tecidual animal, apresenta uma ordem de deposição pré-definida, sendo iniciada logo após a fertilização do óvulo pelo espermatozoide, onde os materiais genéticos se fundem, formando uma única célula que sofrerá numerosas meioses, sob diferentes estímulos, promovendo a proliferação e diferenciação dos tecidos. No início do desenvolvimento, uma série de multiplicações celulares passam a ocorrer, em um processo denominado hiperplasia, onde há um aumento do número de células que formarão os tecidos. Decorrido um período, as células passam a aumentar o tamanho, em um processo denominado hipertrofia. Ambos os processos seguem ocorrendo juntos até o segundo terço da gestação, quando o processo de hiperplasia desacelera e cessa sua atividade, e o processo de hipertrofia vai aumentando, até o parto.

Após o nascimento, o crescimento do tecido muscular se dá via hipertrofia respondendo a uma curva de crescimento de padrão sigmoide com desenvolvimento alométrico.

O tecido adiposo apresenta crescimento exponencial durante a fase pós-natal, uma vez que o crescimento via hiperplasia pode acontecer

Os principais fatores que modulam a eficiência de crescimento animal pós-natal são fatores genéticos, sexuais, nutricionais, hormonais, ambientais e relacionados à sanidade.

Diversos autores destacam que animais com maturidade mais precoce, apresentam menor estatura e conseqüentemente, começam a depositar tecido adiposo antecipadamente, apresentando um peso corporal adulto mais baixo. Assim, a velocidade em que o animal atinge a puberdade e completa o crescimento muscular, define a precocidade animal.

Assim, a precocidade pode ser apontada como balizador de raças na bovinocultura de corte, sendo possível dividir todas as raças existentes em três grandes grupos, raças precoces ou de pequeno porte (*Bos taurus* britânicos como as raças Angus e Hereford), as raças médias (*Bos indicus* como o Nelore e Brahman) e as raças tardias ou de grande porte (*Bos taurus* continentais como a Charolês e Chianina). Dessa forma, Anderson et al. (2001) relataram que as composições genéticas estabelecem os padrões, limites e tipos de crescimento que o animal irá obter ao longo da vida produtiva. Bridi et al. (2013) reforçam que a velocidade de crescimento dos bovinos apresenta relação direta com a qualidade da carne produzida, sendo a escolha da raça de suma importância na tentativa de se obter uma composição de carcaça desejável. Numerosas pesquisas têm demonstrado que a composição genética dos animais é um dos fatores que mais afeta a qualidade da carne bovina, tendo forte influência no grau de acabamento da carcaça, no grau do colágeno e na maciez objetiva e sensorial da carne.

1. Influência das características avaliadas sobre a qualidade da carne

- Genética/raça/ cruzamento

A composição genética impacta de maneira significativa a qualidade de carcaça e conseqüentemente da carne bovina. Nieto et al. (2003), afirmam que a genética exerce forte influência sobre o score de acabamento da carcaça, no teor de colágeno e na maciez da carne. Esse parâmetro estabelece os padrões de crescimento que um animal pode apresentar em condições ótimas. Além de influenciar nos limites e tipos de crescimento que o animal pode obter ao longo do ciclo produtivo. Bridi et al. (2013) reforçam que a velocidade de crescimento dos bovinos apresenta relação direta com a qualidade da carne produzida, sendo a escolha da raça de suma importância na

tentativa de se obter uma composição de carcaça desejável, com maiores proporções de músculo: gordura.

Felício (1997) relatou que a herança genética também parece ter uma grande influência na velocidade e extensão da proteólise que se verifica no processo de conversão do músculo em carne, afetando de forma direta a maciez, em que animais *Bos taurus* iniciariam o processo proteolítico mais precocemente quando comparado com animais *Bos indicus*.

O processo proteolítico *post-mortem*, e conseqüentemente o amaciamento da carne, se dá em maior proporção pela atividade das calpaínas, enzima ativada por cálcio, e sua interação com sua inibidora, a calpastatina (Koohmaraie , 1992). Wulf et al. (1997) relataram que em pH ideal, a atividade inibitória da calpastatina às 24 horas *post-mortem* são maiores para animais *Bos indicus*. Da mesma forma, Martins et al., (2017), demonstraram que a atividade da calpastatina é maior em animais zebuínos quando comparados a animais taurinos.

- Maturidade fisiológica ou idade ao abate

A maturidade fisiológica do bovino de corte é um importante balizador em se tratando de idade e peso de abate, pois afeta diretamente a composição da carcaça, ou seja, a proporção de ossos, músculo e gordura presente no produto. De posse de conhecimentos a respeito da curva de crescimento, é possível inferir o ponto de máxima deposição de tecidos ósseo e muscular, associado a uma quantidade mínima de gordura. Esse ponto é diferente entre as diferentes raças, onde raças zebuínas são apontadas como mais tardias em relação a raças taurinas. Além da diferenciação entre classes e condições sexuais, partindo do ponto que fêmeas são mais precoces na deposição tecidual, acompanhadas de machos castrados e não castrados, nessa ordem, essas apresentam menor peso médio ao abate.

Outro ponto importante a ser levado em consideração, é que com o aumento da idade, o número de ligações cruzadas intra e entre as moléculas de colágeno são aumentadas e, conseqüentemente, há perda de maciez da carne.

De maneira objetiva, saber o momento certo para o abate é crucial, pois permite ganhos econômico, sociais e ambientais. Ganhos econômicos porque há melhoria significativa na qualidade dos produtos, podendo escalar consumidores mais exigentes e dispostos a pagar mais, além de maximizar a lucratividade do sistema de produção. Sociais porque permite trabalhar com animais mais jovens e menos

reativos, que reflete no bem-estar dos colaboradores. E ambientais, porque é possível encurtar o ciclo produtivo, produzindo a mesma quantidade em um menor intervalo de tempo.

- Classe sexual

O dimorfismo sexual é uma característica marcante na maioria das espécies animais, enquadrando os bovinos. Refere-se as diferenças nas características sexuais secundárias que ocorrerem entre animais da classe sexual feminino e masculino. Em bovinos, além das diferenças entre machos e fêmeas, também classificamos como diferentes animais que passaram por processo de castração.

Assim, é descrito na literatura, que animais machos apresentam taxa anabólica de deposição de tecido muscular superior à verificada em animais machos castrados e fêmeas. Sendo essa modificação atribuída principalmente a concentração de hormônios esteróides gonadais, que estimulam o desenvolvimento animal após a fase púbere, proporcionando mudança na composição do ganho de peso e na composição da carcaça entre as classes sexuais.

Os hormônios esteroides gonadais ou simplesmente, hormônios sexuais, são sintetizados em resposta a estímulos emitidos pelo hipotálamo, liberando fatores hormonais gonadotrópicos, com ação na hipófise, estimulando a secreção do hormônio folículo estimulante (FSH) e hormônio luteinizante (LH), nas gônadas, e estes estimulam a liberação dos hormônios sexuais. Os principais hormônios sexuais são estrógeno, progesterona e testosterona sendo produzidos tanto por machos quanto fêmeas, em diferentes concentrações.

Em se tratando de atividade anabólica, a testosterona, mais abundante em animais machos, é o destaque. Isso, porque segundo Davis et al., (1984) é um potente estimulador do hormônio do crescimento comparada aos esteroides ovarianos.

A testosterona pode agir anabolicamente sob dois espectros de ação, o primeiro provavelmente na redução da degradação proteica muscular e a segunda, aumentando a retenção de nitrogênio dietético e convertendo em proteína muscular, com estímulo a proliferação das células satélites. As células satélites no período pré púbere se encontram inativas. Com o aumento do pico de testosterona durante a puberdade passam a se dividir e fundir as fibras musculares, doando o seu conteúdo

nuclear e conseqüentemente o músculo passa a ter a capacidade de síntese proteica aumentada.

No entanto, a testosterona não apresenta apenas benefícios para a pecuária, podendo promover uma queda significativa na proporção de tecido adiposo em machos. O tecido adiposo se desenvolve por meio do aumento do número de adipócitos e pelo tamanho destes.

Diante ao citado acima, uma alternativa para se obter a vantagem anabólica da testosterona no tecido muscular de machos, sem ter o impacto negativo sobre o tecido adiposo, seria a utilização de técnicas de castração.

A castração é uma técnica antiga e comum em todo mundo. Atualmente, existem três técnicas disponíveis para uso sendo, castração química, hormonal e física.

A castração química consiste na injeção de substâncias tóxicas nos testículos, apresenta alta taxa de falha, se tornando pouco efetiva. A hormonal consiste em imunizar os touros contra o hormônio liberador de gonadotrofina, ainda pouco usada uma vez, que pode deixar resíduos na carne. A castração física é a mais utilizada no Brasil e apresenta uma infinidade de métodos, destacando-se a castração cirúrgica, o uso da pinça Burdizzo e as faixas de látex, embora esteja associado ao desconforto e a dor, são os métodos mais eficientes e economicamente viáveis.

Oliveira et al. (2006) afirmou que em alguns casos, como produção de animais superprecoces, a castração não se faz necessária, no entanto, animais que serão abatidos acima de 18 meses, é uma prática fundamental, devendo ser avaliado o momento ideal e qual melhor técnica para o sistema de produção usado.

Existem quatro momentos apontados como mais adequados para a castração de bovinos, ao nascimento, à desmama, aos 12 ou 18 meses de idade, todos apresentam vantagens e desvantagens. Alguns autores apontam que a castração de animais mais jovens apresenta maior facilidade de manejo e recuperação mais rápida. Contudo aproveitar o pico de testosterona em animais mais velhos é uma oportunidade para maximizar os ganhos de músculo. Outro ponto vantajoso da castração é que as carcaças dos animais castrados apresentam maior proporção de gordura, conseqüentemente melhor qualidade e maior aceitabilidade pelos consumidores quando comparados com animais não castrados. A gordura de acabamento, ou gordura subcutânea, é apontada por Listoni, 1998, como fator importante na qualidade de carcaça, uma vez que atua evitando o ressecamento

superficial e ser isolante térmico, minimizando a queda abrupta da temperatura, evitando o *cold shortening* ou encurtamento de sarcômero pelo frio, e a perda de exsudados por evaporação, garantindo melhores condições para atuação das enzimas proteolítica musculares e, conseqüentemente melhoria na maciez e sabor, além da coloração, sendo um fator positivo para animais castrados. Todavia, animais não castrados são mais atrativos devido ao melhor desempenho em relação aos castrados (Feijó, 1998).

- Processo de maturação

A maturação comercial é conhecida desde o início do século e refere-se ao processo de amaciamento da carne após o rigor com objetivo de maximizar a maciez e o sabor da carne de forma natural, uma vez que as próprias enzimas proteolíticas presentes na carne atuam. Felício et al. (1997) descreveu que a maturação é um processo complexo, afetado por muitas variáveis, tais como a idade e raça do animal, velocidade de glicólise, quantidade e solubilidade do colágeno, comprimento do sarcômero das miofibrilas, força iônica e degradação das proteínas miofibrilares.

As modificações químicas e estruturais que ocorrem ao longo do processo de maturação, segundo Koohmaraie (1994), afetam o componente miofibrilar seguindo a seguinte ordem:

1. Enfraquecimento e/ou degradação do disco Z;
2. Degradação da proteína desmina, provavelmente com ruptura de pontes entre as miofibrilas;
3. Degradação da proteína titina, que liga filamentos de miosina, no sentido longitudinal das miofibrilas;
4. Degradação da proteína nebulina (ligações transversais na banda I dos sarcômeros);
5. Desaparecimento de troponina T e aparecimento simultâneo de polipeptídeos com peso molecular entre 28 e 32 kDa;

Koohmaraie (1994) ainda relatou que a mudança estrutural do disco Z, degradação da desmina, e possivelmente a degradação da titina são os responsáveis pelo amaciamento durante a maturação. Sendo caracterizado o sistema enzimático calpaína-calpastatina como o principal responsável pela proteólise pós morte. Lage

et al. (2009) expõem que existem duas isoformas de calpaínas, denominadas micro-calpaína e mili-calpaína (μ - Calpaína ou tipo I e m - Calpaína ou tipo II, respectivamente), ambas dependentes de cálcio livre extracelular para ativação e inibidas por uma outra enzima denominada calpastatina.

Durante as mudanças bioquímicas no *post mortem*, os teores de cálcio livre são baixos, se tornando uma limitação para a atividade enzimática, uma vez que de acordo com Lage et al. (2009) a degradação de proteínas exige altos níveis de cálcio, acima dos níveis esperados em condições intracelulares, até mesmo depois do *rigor mortis*.

Geesink e Koohmaraie (1999) relatam que a atividade da μ -calpaína é afetada negativamente durante o início do *rigor mortis*, quando comparado com a atividade da m-calpaína, esta que foi inalterada por 3 dias *post mortem* e em alguns casos se estendeu por até 56 dias *post mortem*. No entanto, alguns trabalhos citados pelos autores mencionados acima, sugerem que a μ -calpaína é responsável pela proteólise *post mortem*, com uma pequena contribuição da m-calpaína (Geesink e Koohmaraie, 1999) demonstrando que o entendimento da proteólise durante o processo de maturação ainda não foi totalmente elucidado.

Dentre os fatores que afetam a atividade enzimática durante a maturação, destaca-se a raça, tipo de fibra muscular predominante no tecido, entre outros. Crouse et al (1993) relatou que a carne proveniente de *Bos indicus* era menos macia que a de *Bos taurus*. Diversos autores apontam que a carne de zebuínos é menos macia que a de taurinos em virtude da reduzida proteólise das proteínas miofibrilares associada à alta atividade de calpastatina nos músculos. Com relação ao tipo de fibra muscular predominante no tecido muscular, Geesink (2001) observou uma relação negativa entre a atividade da calpastatina e a atividade da ATPase miofibrilar, assim músculos com maiores proporções de fibras do tipo glicolítica, de contração rápida, que apresentam maior atividade de ATPase, apresentaria carne mais macia devido a menor atividade da calpastatina.

Portanto, conclui-se que o amaciamento da carne durante o processo de maturação é afetado por inúmeros fatores. Desta forma é importante frisar que entender todos os processos bioquímicos, no qual estão envolvidas a ativação das enzimas proteolíticas e a degradação das proteínas miofibrilares, e como atuam é primordial para elevar o patamar de qualidade dos produtos cárneos e da produção animal.

2. Sistema de Classificação e Tipificação de carcaça Bovina e qualidade do produto

O Brasil continua a se destacar no mercado pecuário, fechando o ano de 2022 com o maior rebanho comercial de bovinos do mundo (USDA,2022). Embora apresente números expressivos, a heterogeneidade de animais que chega ao abate ainda é alarmante, sendo esse fato atribuído aos diferentes panoramas produtivos existentes no Brasil.

Nesse sentido, a necessidade de se classificar e tipificar as carcaças produzidas é real, pois assim é possível avaliar as características que estão relacionadas com qualidade e rendimento, ambos ligados a comercialização, e destinar os produtos à mercados específicos.

A classificação de carcaça corresponde a agrupar em classes carcaças com características semelhantes ou iguais, como por exemplo, classe sexual, maturidade e peso. Já a tipificação corresponde a hierarquização das classes avaliadas, em escala de melhor para pior. Um ponto de convergência entre a classificação e tipificação de carcaça, é que ambos são dependentes do mercado ao qual estão inseridos, assim sendo cada país apresenta um conjunto de características que servem de critérios.

O sistema BRASIL, como o próprio nome já diz é o sistema brasileiro de classificação e tipificação de carcaça bovinas, regulamentado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) através da instrução normativa nº 9 de 4 de maio de 2004, devendo ser realizada por profissionais habilitados e credenciados que são pagos pelo setor privado. Baseia-se na classificação por gênero/ classe sexual e maturidade, e a tipificação é a combinação das classes citadas acima, informações de conformação e acabamento.

As características de gênero/ classes sexuais, podem englobar machos e fêmea, aceitando tanto machos castrados quanto não castrados. Em relação à maturidade a cronologia dentária é ampla, podendo ser aceitos animais jovens com maturidades da 1ª maturidade até animais com 8 dentes incisivos permanentes. Após realizada a classificação as carcaças são tipificadas, podendo ser englobadas em seis grandes grupos, nomeados por B-R-A-S-I-L.

A hierarquização por conformação é uma avaliação subjetiva dos perfis que demonstram o desenvolvimento das massas musculares do coxão, paleta e região

dorso-lombar. Sendo os perfis nomeados como convexo, subconvexo, retilínea, sub-retilínea ou subcôncava e côncavo, de acordo com o aumento da musculosidade da carcaça. O acabamento assim como a conformação, é avaliada de maneira subjetiva, sendo atribuído escores de acordo com a quantidade de gordura subcutânea da carcaça. Em carcaça com ausência de gordura na região avaliada é atribuído escore 1, à medida que a gordura deposita aumenta, os escores atribuídos aumentam, podendo chegar à escore 5, onde existe excesso de gordura sobre o contrafilé. Sendo classificadas como ausente, escassa, mediana, uniforme e excessiva, do mens grau de gordura de cobertura para o maior. Vale ressaltar que essas avaliações devem ser realizadas na sala de manutenção, com a carcaça ainda quente e que nenhuma avaliação de qualidade é realizada, pois a gordura ainda não se solidificou e o processo de transformação do músculo em carne ainda não ocorreu.

3. Características de qualidade da carne

Cor

A cor da carne é um dos principais atributos avaliados pelo consumidor na hora da compra. De acordo com MacDougall (1994) esse atributo pode valorizar ou depreciar os produtos cárneos. Dentre os principais pigmentos responsáveis pela coloração da carne, destaca-se a mioglobina e a hemoglobina, embora outros pigmentos tais como a catalase e citocromo-enzimas também sejam encontrados.

Tanto a mioglobina quanto a hemoglobina pertencem a família das globinas, contudo se diferem estruturalmente, apresentando uma ou quatro subunidades de globina respectivamente. Com relação a função, in vivo a mioglobina está ligada à retenção e a hemoglobina ao transporte de oxigênio; no post mortem, a ligação entre a globina e o oxigênio é reversível, logo as alterações na cor da carne são moduladas pela concentração e estado de oxigenação da mioglobina na superfície do músculo.

Quando a carne é exposta ao ar, os pigmentos reagem com o oxigênio, formando a oximioglobina. Esta é relativamente estável, sendo formada em 30-40 minutos de exposição ao ar, em um processo chamado oxigenação. A oximioglobina é responsável pela coloração vermelho brilhante da carne, apreciada pelo consumidor. A reação reversível é chamada desoxigenação, resultando a mioglobina reduzida, altamente instável. Baixo pH, aumento da luz ultravioleta e baixa tensão de oxigênio são os principais responsáveis pela dissociação do oxigênio na desoxigenação e estes também são responsáveis pela oxidação dos pigmentos, formando a

metamioglobina. A metamioglobina é resultado da associação do ferro com a globina, formando a coloração marrom, indesejável pelo consumidor, uma vez que, associam com produtos armazenados por muito tempo.

Dentre os fatores que afetam a coloração da carne aponta-se fatores intrínsecos e extrínsecos ao animal. Fatores intrínsecos, aqueles ligados ao animal, cita-se espécie, classe sexual, idade, localização anatômica do músculo, atividade física, pelo tipo de fibra muscular bem como pelo nível de sangria do animal no abate, entre outros. Em relação aos fatores extrínsecos, estresse, tempo e forma de resfriamento, queda do pH e pH final da carne são os mais impactantes sobre a cor embora existam outros.

Maciez

O músculo esquelético é envolvido por uma membrana de tecido conjuntivo denominado epimísio. O músculo é formado por um conjunto de feixes musculares, cada um delimitado pela membrana de tecido conjuntivo, perimísio. Os feixes musculares são o conjunto de fibras musculares, envolvidas pelo endomísio. O sarcômero constitui a menor unidade contrátil estrutural repetitiva da miofibrila, apresentando um papel importante no ciclo de contração e relaxamento muscular. Em sua estrutura, o tecido muscular apresenta de acordo com Pardi et al. (1993) 16-22% de proteínas, divididas entre proteínas miofibrilares, sarcoplasmáticas e estromáticas.

Alves e Mancio (2005) relataram que a dureza da carne pode ser dividida em pelo menos dois componentes, dureza residual e dureza de actomiosina.

A dureza residual é causada por proteínas estromáticas, ou seja, proteínas do tecido conjuntivo, de acordo com os autores citados acima, correspondendo de 10-15% da proteína total do tecido muscular esquelético, sendo 40-60% colágeno. O colágeno é importante na estruturação do tecido muscular, sendo caracterizado pelos altos teores de glicina, prolina e hidroxiprolina e ausência de aminoácidos sulfurados e triptofano. As moléculas de colágeno são assinaladas pela capacidade de realizar ligações cruzadas, via ponte de hidrogênio, o que promove relativa insolubilidade e inextensibilidade. O teor de colágeno insolúvel no músculo é altamente correlacionado com a idade do bovino. Logo, com o aumento da idade do bovino, existe um aumento das ligações cruzadas entre as moléculas de colágeno, aumentando a dureza da carne.

A dureza de actomiosina é causada pelas proteínas miofibrilares, sendo apontada por Sgarbieri (1996) como representadas por miosina, actina, proteína C, proteína M, tropomiosina, α -actina e β -actina. Estas formam os miofilamentos que

compõem a miofibrila. Dentre os fatores capazes de afetar a dureza da actomiosina, podemos apontar além da estruturação muscular, a atividade, entre outros.

A combinação das diferentes proporções das durezas residual e da actomiosina, determinam o grau de maciez da carne, assim como, fatores ligados aos manejos extrínsecos, tais como estresse, manejo de resfriamento de câmara fria etc. Nesse sentido, a utilização de diferentes métodos analíticos para avaliação das possíveis causas no impacto sobre a maciez, se faz necessária. A força de cisalhamento é método objetivo, onde utilizando um texturômetro, é possível mensurar a maior força necessária para o rompimento da fibra muscular. O resfriamento inadequado das carcaças, principalmente aquelas com cobertura de gordura subcutânea abaixo de 3-6 mm, pode promover o encurtamento de sarcômero pelo frio. Wada et al. (2010) relatam que o encurtamento pelo frio é o processo de contração muscular anterior ao estabelecimento do rigor mortis, que pode causar um aumento de quatro a cinco vezes na força necessária para cisalhar um pedaço de carne. A medida do comprimento do sarcômero é uma das análises utilizadas para avaliar esse processo, sendo importante porque quanto maior a extensibilidade do sarcômero maior a área para atuação das enzimas proteolíticas, auxiliando no processo de amaciamento da carne.

Perda de exsudatos

A perda de exsudatos é uma importante medida de qualidade da carne, uma vez que está envolvida em outros parâmetros, tais padrões microbiológicos, sabor, suculência, cor, entre outras. Dividida em três subcategorias, perdas por descongelamento, perdas por cocção e perdas totais. A perda de exsudatos refere-se à quantidade de líquido perdido ao longo da aplicação de forças externas, que quebram a relação sine qua non das miofibrilas. As principais perdas avaliadas são as por descongelamento, cocção e totais. A verificação destas é de grande importância quando se fala qualidade tanto da carne destinada ao consumo direto, como para a carne destinada à industrialização.

Referências

- Alves, D. D.; Goes, R. H. T. B.; Mancio, A. B. Maciez da Carne Bovina. *Ciência Animal Brasileira*, v. 6, n. 3, p. 135-149, jul/set. 2005.
- Brasil. Padronização de Cortes de Carne Bovina. MA/SNAD/SIPA. Brasília, 98p. 1990.
- Berg, R.T.; Butterfield, R.M. New concepts of cattle growth. New York: National Library of Australia Cataloguing in Publication data, 1976. 240p.
- Bridi, A. M. (2002). Normas de avaliação, classificação e tipificação de carnes e carcaças. Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- Cornforth, D. Colour meat – its basis and importance. In Pearson, A.M. & Dutson. T.R. (ed) – Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish product – Advances in meat research series, vol.9, Black Academic & Professional, cap.2, p. 34 –78, 1994.
- Dian, P. H. M., Casale, D. S., Belo, M. A. A., Melo, G. M. P, Brennecke.K. Rendimento de cortes comerciais em bovinos confinados de diferentes grupos genéticos. *Ars Veterinária*, v. 36, n. 3, 2020. <https://doi.org/10.15361/2175-0106.2020v36n3p148-156>.
- Geesink, G. H., et al. Effect of stress and high voltage electrical stimulation on tenderness of lamb m. longissimus. *Meat Science*, v. 57, p. 265 - 271, 2001.
- Koohmaraie, Mohamed (1992) Effect of pH, Temperature, and Inhibitors on Autolysis and Catalytic Activity of Bovine Skeletal Muscle μ -Calpain. *Journal of Animal Science*, 70:3071-3080.
- Koohmarie, M. Muscúle prateinases and meat aging. *Meat Science*, v.36, n.3, p.93-104, 1994.
- Lage, J. F., Oliveira, I. M., Paulino, P.V.R., Ribeiro, F. (2009). Papel do sistema calpaína-calpastatina sobre a proteólise muscular e sua relação com a maciez da carne em bovinos de corte. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*. ISSN: 1695-7504 2009 Vol. 10, Nº 12. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617155009.pdf>

- MacDougal, D.B. Colour meat. In: Pearson, A.M.; Dutson, T.R. (Eds.). Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products - Advances in Meat Research Series. London: Blackie Academic & Professional, v.9, cap.3, p.79-93, 1994.
- Martins, T., Sanglard, L., Silva, W., Chizzotti, M., Ladeira, M., Serão, N., . . . Duarte, M. (2017). Differences in skeletal muscle proteolysis in Nelore and Angus cattle might be driven by Calpastatin activity and not the abundance of Calpain/Calpastatin. *The Journal of Agricultural Science*, 155(10), 1669-1676. doi:10.1017/S0021859617000715
- Martha, G.B., Alves, E., Contini, E. (2012). Land-saving approaches and beef production growth in Brazil. *Agric. Syst.* 110, 2012, 173–177.
- Owens, F. N.; Gill, D. R.; Secrist, D. S.; Coleman, S. W. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, v. 73, n. 10, p. 3.152,1995.
- Paulino, P. V. R., Valadares Filho, S. de C., Detmann, E., Valadares, R. F. D., Fonseca, M. A., & Marcondes, M. I. (2009). Deposição de tecidos e componentes químicos corporais em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais. *Revista Brasileira De Zootecnia*, 38(12), 2516–2524. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001200030>.
- Pardi, M.C., et al. *Ciência, Higiêne E Tecnologia da Carne: tecnologia da sua obtenção e transformação*. Goiânia: Centro Editorial e Gráfico Universidade de Goiás, 1993. v.1, 586p.
- Stelari, H., Bernardo, A. P. D. S., & Pflanzler, S. B. (2018). Maturação seca e úmida da carne bovina e seus efeitos na qualidade sensorial e microbiológica. *Hig. aliment*, 82-86.
- Wulf DM, O'Connor SF, Tatum JD, Smith GC (1997) Using objective measures of muscle color to predict beef longissimus tenderness. *Journal of Animal Science*, 75(3):684-692.

CAPÍTULO 1: Influência da raça, maturidade, classe sexual e tempo de maturação sobre os atributos de qualidade de carcaça e carne bovina

Débora E.F. Assis ^{a, *}, et al...

^a Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil

* Endereço para correspondência: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 36570-000, MG, Brasil. E-mail: debora.assis@ufv.br

1. RESUMO

Inúmeros fatores podem influenciar a qualidade da carcaça e, conseqüentemente, da carne bovina, destacando-se a raça, maturidade fisiológica, classe sexual e nutrição. Além de fatores extrínsecos ao animal, como os métodos e tempo de maturação da carne. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito da raça e maturidade sobre parâmetros de carcaça e carne de bovinos machos castrados e não castrados, das raças Nelore e Nelore X Angus, apresentando 0, 2 ou 4 maturidades de maturidade e submetidos ou não ao processo de maturação por 7, 14 ou 21 dias. O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da UFV, em parceria com frigorífico comercial. Foram utilizados 102 bovinos machos, obtidos de uma propriedade localizada na região de Nanuque/MG, sendo 27 bovinos Nelore não castrado, 27 bovinos Nelore castrado, 24 bovinos cruzados não castrados, e 24 bovinos cruzados castrados. Cada grupo apresentava indivíduos com 0, 2 e 4 dentes incisivos permanentes. Os animais castrados, foram submetidos à técnica de castração cirúrgica no final da fase de recria. Os animais permaneceram confinados por 128 dias recebendo dieta *ad libitum* e, ao final desse período foram abatidos. Após o abate, as carcaças foram divididas longitudinalmente. As carcaças foram resfriadas em câmara fria previamente ajustada à 4 °C por 48 horas. O pH foi coletado à altura da 13ª costela, imediatamente após o abate, a cada 1 hora até completar 6 horas e ao final do resfriamento. Na meia carcaça esquerda resfriada, entre a 12ª e 13ª costelas, mensurou-se a área de olho de lombo (AOL) e a espessura de gordura subcutânea (EGS). Na região compreendida entre a 6ª e 9ª costelas, coletou-se amostra do músculo *Longissimus dorsi*, que foi fracionada em quatro porções, devidamente identificadas e embaladas à vácuo. Uma foi imediatamente congelada a -18° e as demais maturadas por 7, 14 e 21 dias. Foram realizadas as análises de perdas de exsudatos, força de cisalhamento (FC) e coloração da carne e gordura. Os dados foram submetidos à análise de variância. Quando houve efeito significativo, comparou-se as médias utilizando-se o teste Tukey e adotando $\alpha = 0,05$. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o programa SAS 9.0. Ao se analisarem as características de carcaça, para a AOL verificou-se efeito de classe sexual ($P < 0,0001$), e EGS ($P = 0,0029$) apresentou efeito de raça ($P = 0,0007$). Em relação à coloração da gordura houve efeito significativo para raça nos parâmetros a* ($P = 0,0049$) e L ($P = 0,0136$) e interação raça*classe sexual ($P = 0,0445$) para L,

interação maturidade*classe sexual ($P=0,0198$) para a^* e interação maturidade*raça*classe sexual ($P=0,0363$) para o parâmetro b^* . A cor da carne apresentou diferença significativa para classe sexual ($P < 0,0001$) no parâmetro L, para a^* observou-se efeito de classe sexual ($P=0,0147$), raça ($P=0,0029$) e maturação ($P=0,0311$) e avaliando b^* verificou-se efeito de raça ($P=0,0026$) e classe sexual ($P < 0,0001$). Quanto a FC, observou-se efeito para classe sexual ($P < 0,0001$), maturação ($P < 0,0001$) e interação maturidade*raça ($P=0,0076$) e raça*classe sexual ($P=0,0132$). Conclui-se que, dentre os animais avaliados, bovinos castrados apresentam melhor qualidade, destacando maciez, independente da raça ou maturidade.

2. ABSTRACT

Numerous factors can influence the quality of the carcass and, consequently, the beef, including breed, physiological maturity, sex class and nutrition. In addition to factors extrinsic to the animal, such as the methods and time of meat maturation. Therefore, the objective was to evaluate the effect of breed and maturity on carcass and meat parameters of castrated and non-castrated male cattle, of the Nelore and Nelore of maturation for 7, 14 or 21 days. The experiment was conducted at the UFV Department of Animal Science, in partnership with a commercial slaughterhouse. 102 male cattle were used, obtained from a property located in the region of Nanuque/MG, including 27 uncastrated Nelore cattle, 27 castrated Nelore cattle, 24 non-castrated crossbreed cattle, and 24 castrated crossbreed cattle. Each group had individuals with 0, 2 and 4 permanent incisor teeth. The castrated animals underwent the surgical castration technique at the end of the rearing phase. The animals remained confined for 128 days receiving an ad libitum diet and, at the end of this period, they were slaughtered. After slaughter, the carcasses were divided lengthwise. The carcasses were cooled in a cold chamber previously adjusted to 4 °C for 48 hours. The pH was collected at the height of the 13th rib, immediately after slaughter, every 1 hour until 6 hours and at the end of cooling. In the chilled left half carcass, between the 12th and 13th ribs, the rib eye area (AOL) and subcutaneous fat thickness (EGS) were measured. In the region concentrated between the 6th and 9th ribs, a sample of the Longissimus dorsi muscle was collected, which was divided into four portions, duly identified and vacuum packed. One was immediately frozen at -18° and the others were aged for 7, 14 and 21 days. Analyzes of exudate losses, shear force (FC) and color of meat and fat were carried out. The data were subjected to analysis of variance. When there was a significant effect, compare the means using the Tukey test and adopting $\alpha = 0.05$. All statistical procedures were performed using the SAS 9.0 program. When analyzing carcass characteristics, for AOL there was an effect of sex class ($P < 0.0001$), and EGS ($P = 0.0029$) showed an effect of breed ($P = 0.0007$). Regarding fat color, there was a significant effect for race in the parameters a^* ($P = 0.0049$) and L ($P = 0.0136$) and race*sex class interaction ($P = 0.0445$) for L , interaction* class sexual ($P = 0.0198$) for a^* and interaction interaction*race*sex class ($P = 0.0363$) for parameter b^* . Meat color showed a significant difference for sex class ($P < 0.0001$) in the L parameter, for a^* inspired by the effect of sex class ($P = 0.0147$), breed ($P = 0.0029$) and maturation (

P=0.0311) and evaluating b* origin and the effect of race (P=0.0026) and sexual class (P< 0.0001). As for HR, there were significant effects for sex class (P< 0.0001), maturation (P< 0.0001) and interaction interaction*race (P=0.0076) and race*sex class (P=0.0132). It is concluded that, among the animals evaluated, castrated cattle have better quality, with tenderness standing out, regardless of breed or maturity.

3. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda mundial pela carne bovina brasileira vem impulsionando uma série de mudanças não só nos sistemas de produção, mas também no perfil do consumidor, de forma que a busca por produtos de qualidade, a preços competitivos e oriundos de uma cadeia produtiva sustentável, é uma exigência.

O termo qualidade, segundo Bridi (2002), apresenta um conceito amplo, complexo e ambíguo, pois envolve todas as etapas da cadeia produtiva. Essa autora ainda aponta que o conceito de qualidade varia conforme as regiões geográficas, classes socioeconômicas, questões culturais, preferências individuais de cada consumidor, entre outros. Nesse sentido, Ladeira et al. (2014) descreveram que a qualidade dos produtos de origem animal pode ser agrupada por seus atributos sensoriais ou organolépticos, nutricionais ou de composição e sanitários ou microbiológicos. Ademais, de acordo com Costa (2010), estes atributos são determinados por muitos fatores inerentes ao indivíduo (genética, idade, classe sexual), manejo alimentar, transporte, manejo pré-abate, abate e pós-abate, entre outros, como a maturação.

Embora o conceito sobre qualidade de produtos de origem animal, em especial a carne, seja divergente, existe o consenso de que a qualidade final da carne é o resultado do que aconteceu com o animal durante toda a cadeia produtiva, ou seja, fatores intrínsecos e extrínsecos modulam a qualidade. O entendimento de como esses fatores agem individualmente é reportado na literatura.

Nieto et al, 2003, trabalhando com animais de diferentes raças, aponta forte influência da genética no grau de acabamento da carcaça, no grau do colágeno e na maciez da carne.

A maturidade afeta diretamente a composição da carcaça, ou seja, a proporção de músculo, gordura e ossos presentes na carcaça, sendo um fator de impacto na qualidade da carcaça e carne bovina.

A classe sexual, principalmente no que se refere a castração, é apontada como um fator controverso dentro dos sistemas produtivos, isso porque embora as carcaças dos animais castrados apresentem maior proporção de gordura, conseqüentemente melhor qualidade e maior aceitabilidade pelos consumidores quando comparados com animais não castrados, o mercado brasileiro em sua grande maioria não bonifica por qualidade, logo animais não castrados são mais atrativos devido ao melhor

desempenho em relação aos animais castrados (Feijó, 1998) apresentando uma maior musculosidade e rendimento de cortes.

A maturação é o processo de amaciamento da carne de forma natural, uma vez que as próprias enzimas proteolíticas presentes na carne atuam no processo, sendo um processo complexo, afetado por muitas variáveis, tais como raça, maturidade, velocidade de glicólise, quantidade e solubilidade do colágeno, comprimento do sarcômero, força iônica e degradação das proteínas miofibrilares (Felício, 1997).

Embora já esteja bem elucidado na literatura a forma que os parâmetros que afetam a qualidade da carcaça e carne atuam individualmente, a forma que eles interagem, ainda é uma incógnita, sendo importante a avaliação desses parâmetros tanto de forma independente quanto de forma associada.

Assim, objetivou-se avaliar a qualidade de carcaça e carne de bovinos castrados e não castrados, das raças Nelore e Cruzamento Nelore X Angus, apresentando 0, 2 ou 4 dentes permanentes de maturidade e submetidos ou não ao processo de maturação por 7, 14 ou 21 dias.

4. OBJETIVOS

Objetivou-se avaliar a qualidade de carcaça e da carne de bovinos castrados e não castrados, das raças Nelore e Nelore X Angus, apresentando 0, 2 ou 4 maturidades de maturidade e submetidos ou não ao processo de maturação por 7, 14 ou 21 dias.

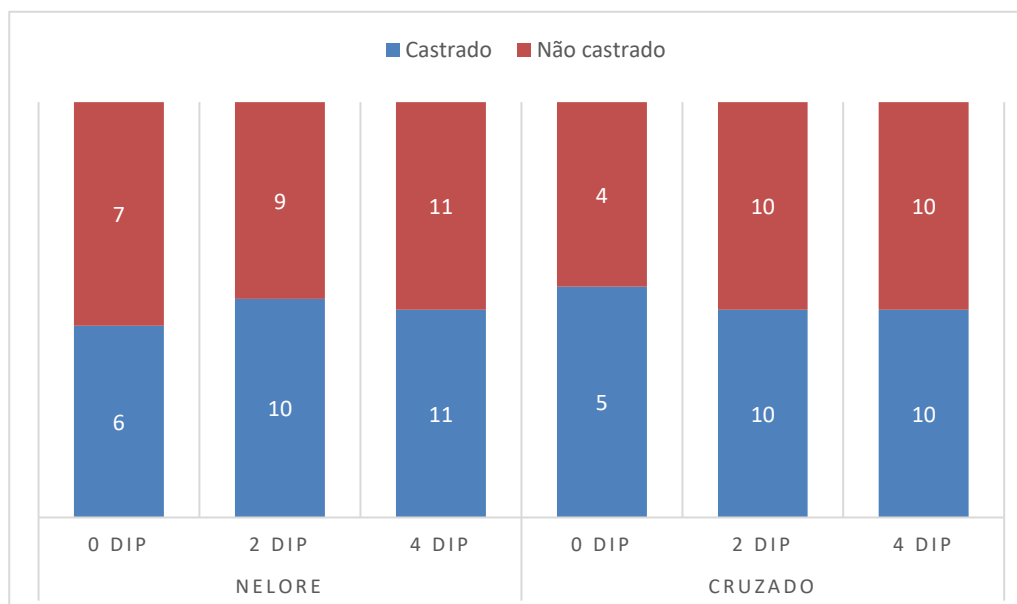
5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Local, animal e dieta

O experimento foi conduzido em frigorífico comercial, localizado na cidade de Colatina/ ES e nas dependências do Departamento de Zootecnia, Laboratório de Ciência da Carne, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa- MG. Foram utilizados 102 bovinos machos, obtidos de uma propriedade localizada na região de Nanuque/ MG. Distribuídos entre 27 bovinos Nelore não castrado (NN), 27 bovinos Nelore castrado (NC), 24 bovinos cruzados não castrados (CN) e 24 bovinos cruzados castrados (CC). Cada grupo apresentava indivíduos com 0, 2 e 4 dentes incisivos permanentes (0d, 2d e 4d respectivamente), como demonstrado no Gráfico 1. Os

animais permaneceram confinados por 128 dias recebendo dieta *ad libitum* de acordo com as exigências nutricionais para cada categoria avaliada. Os animais castrados, foram submetidos a técnica de castração cirúrgica no final da fase de recria.

Gráfico 1: Distribuição dos animais aos tratamentos.



DIP: Dente incisivo permanente.

5.2. Abate e avaliação das carcaças

O abate foi conduzido de maneira humanitária de acordo com a Instrução Normativa Nº 3 de 13/01/2000 (Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue). Após a sangria, esfolagem e evisceração, as carcaças foram divididas longitudinalmente em duas metades, as quais foram pesadas. Posteriormente, foram levadas à câmara de refrigeração onde permaneceram por 48 horas. O pH foi aferido a altura da 13ª costela, imediatamente ao abate, a cada 1 hora após o abate até completar 6 horas de resfriamento e após 48 horas de resfriamento.

Em cada metade da carcaça esquerda, foi mensurada a área do músculo *Longissimus dorsi*, área de olho de lombo (AOL), realizando um corte transversal na face compreendida entre a 12ª e a 13ª costela expondo a superfície do músculo, sobre o qual foi colocado um papel milimetrado e marcando o perímetro do músculo para, posteriormente, determinar a área em cm²; para tal, utilizou-se o *software* ImageJ® (ImageJ 1.48g, Bethesda, Maryland, USA). Na mesma região, foi mensurada a

espessura de gordura subcutânea (ESG) com auxílio de um paquímetro sendo esta medida realizada à três quartos da altura do músculo *Longissimus dorsi*, sempre perpendicular à face externa do músculo.

5.3. Coletas, processamento e análises de carne e gordura subcutânea

A porção do músculo *Longissimus dorsi* compreendida entre a 6ª e 9ª costelas foi coletada para análises das características qualitativas. Esta amostra foi dividida em quatro bifos de uma polegada (2,54 cm) de espessura, devidamente identificados e embalados à vácuo com plástico termoencolhível sendo um congelado imediatamente (0 dias de maturação), e os demais maturados a 4 °C, durante 7, 14 ou 21 dias seguindo o protocolo proposto por Kubota et al. (1993). Após atingir o tempo de maturação estabelecido, foram congelados até momento oportuno quando se realizou análise para verificação da coloração, e um conjunto de análises para avaliação da maciez.

A porção de gordura subcutânea, compreendida acima da região entre a 6ª e 9ª costelas, foi coletada, identificada e imediatamente congelada, para posterior análise de coloração.

5.4. Mensuração instrumental da coloração da carne e gordura subcutânea

Foram utilizados bifos com 2,54 cm de espessura, descongelados por 16 horas a 4 °C. Após serem descongelados, os bifos foram retirados das embalagens e ficaram sob exposição ao ar ambiental refrigerado (4 °C) por 30 minutos para a reoxigenação da mioglobina. Com o auxílio de um colorímetro Hunter MiniScan EZ, ajustado à fonte iluminante D65 e ângulo de 10° para o observador, realizaram-se cinco leituras para cada amostra, em diferentes pontos e ao final realizado a média dos valores encontrados. As leituras apresentaram valores referentes à luminosidade (L^*), espectro de onda do vermelho ao verde (a^*) e espectro de onda do amarelo ao azul (b^*) conforme a escala CIELab. Além de valores referentes aos comprimentos de onda variando entre 400 e 700 nm. O valor L^* representa o máximo estímulo luminoso, seja de refletância ou de transmitância, e os valores a^* e b^* são entendidos, respectivamente, como as proporções de vermelho e amarelo refletidas ou transmitidas, pelo objeto. No sistema CIELab, adotam-se, ainda, os termos hue (h^*) e croma (C^*), que se referem à tonalidade e saturação do espectro de cor avaliado,

respectivamente. Estes foram calculados a partir de valores de a^* e b^* , utilizando as fórmulas matemáticas abaixo para o cálculo.

$$h^* = \tan^{-1}(b^*/a^*) \text{ e } C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

A partir dos comprimentos de onda entre 400 e 700, foi possível calcular o conteúdo relativo de mioglobina (Mb), oximioglobina (O_2Mb) e metamioglobina (MMb) na superfície da carne bovina, como descrito por Krzywicki (1979). O protocolo é baseado em medidas de atenuação reflexa da luz incimaturidade nos pontos isobésticos 572, 525, 473 e 730 nm, este último extrapolado a partir do comprimento 700 nm e referente à atenuação acromática da luz na superfície da carne.

A análise de coloração da gordura subcutânea foi realizada em semelhança à da carne. No entanto, apenas os parâmetros L^* , a^* e b^* foram avaliados.

5.5. Perdas de exsudato de carne e Força de cisalhamento da Warner – Bratzler (WBSF)

As análises foram realizadas de acordo com Bruce et al. (2004). Assim, os bifes foram pesados, embalados e descongelados a 4 ° C por 16 h. Os bifes descongelados foram embalados a vácuo e cozidos em banho-maria pré-aquecido a 70 °C por 40 minutos. Após o cozimento, os bifes foram resfriados em água corrente (cerca de 10 °C) por 30 minutos e, depois armazenados por 16 h a 4 °C. Os bifes cozidos foram pesados para avaliar a perda de cozimento como uma porcentagem da amostra descongelada. A perda total foi calculada como a diferença de peso entre bife cozido e congelado. Seis cilindros (1,27 cm de diâmetro) foram removidos paralelamente à orientação longitudinal das fibras musculares de cada bife cozido, após o resfriamento. Os cilindros foram cortados uma vez, perpendicularmente à orientação longitudinal das fibras musculares por uma máquina de cisalhamento Warner-Bratzler (GR Electrical Manufacturing Company, Manhattan, KS, EUA), acoplada a uma lâmina em forma de V, de 1,016 mm de espessura, a uma velocidade constante de 2 mm /s.

5.6. Análises estatística

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado. Para avaliar os efeitos de raça, classe sexual, idade e tempo de maturação sobre as características de carcaça e qualidade de carne de machos, os dados foram submetidos à análise de variância,

sendo que quando encontrado efeito significativo, as médias foram comparadas utilizando-se o Teste Tukey.

Os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o SAS 9.0 (Statistical Analysis System Institute, Inc.), adotando-se $\alpha = 0,05$.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Curva de declínio de PH da carcaça durante o período de resfriamento

Em condições de temperatura ideal, o pH 24 horas após abate é apontado como indicador potencial de maciez da carne bovina. Atualmente, sabe-se que o comportamento da curva de declínio do pH, principalmente nas 6 horas iniciais do processo de resfriamento da carcaça é o ponto crítico para o processo de transformação do músculo em carne, afetando a bioquímica muscular, culminando em possíveis alterações da maciez da carne, alternar a coloração e as perdas de exsudatos. Dentre os principais fatores intrínsecos ao animal, a composição racial e a condição sexual são destacáveis, pois afetam as características fisiológicas inerentes a estes e podem modificar o padrão de comportamento da curva de pH. Na Figura 1 é possível verificar o comportamento de declínio do pH.

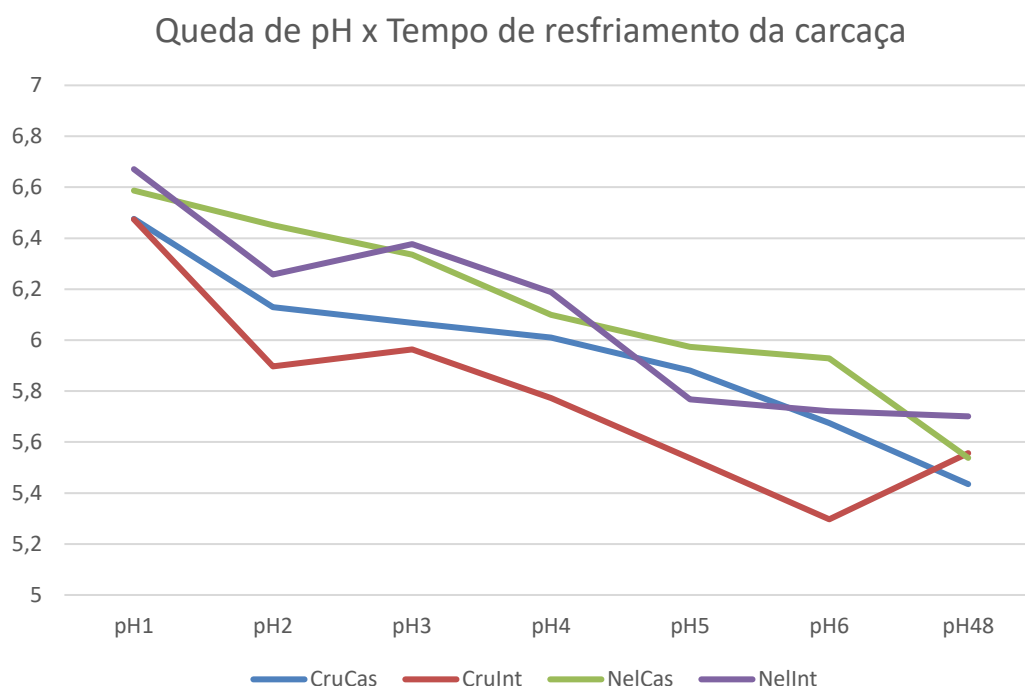


Figura 1: Curva de declínio de pH da carcaça em função do tempo *post mortem* em horas.

6.2. Área de olho de lombo (AOL) e Espessura de gordura subcutânea (EGS)

Neste estudo, para a avaliação da AOL, verificamos efeito significativo ($P < 0,0001$) apenas para classe sexual (Tabela 1), em que, as médias encontradas foram 65,820 cm² e 72,199 cm² para machos castrados e não castrados, respectivamente (Tabela 4). Assim, verificou-se maior musculosidade em animais não castrados (Tabela 4), podendo essa característica da carcaça ser atribuída à maior concentração do hormônio sexual, testosterona promovendo maior anabolismo do tecido muscular ao longo da puberdade dos animais, fase em que temos o pico de produção hormonal.

Por outro lado, a deposição de tecido adiposo, se torna mais pronunciada quando há decréscimo na produção de testosterona. Assim, há antagonismo à deposição de tecido muscular, assim, animais castrados tendem a iniciar a deposição de tecido adiposo mais precocemente que animais não castrados, o que explica os efeitos observados para classe sexual ($P = 0,0029$) e raça ($P = 0,0007$) (Tabela 1). Com relação a classe sexual, os resultados observados são complementares aos encontrados para AOL, uma vez que, dentro do padrão de curva de deposição muscular, a deposição de tecido adiposo se torna mais pronunciado com o decréscimo da deposição de tecido muscular, assim, animais castrados tendem a iniciar essa deposição anteriormente aos animais não castrados, quando comparados em mesmas condições de manejo. As médias encontradas foram 5,18 mm e 4,14 mm para animais castrados e não castrados, respectivamente (Tabela 4). Animais cruzados apresentaram valores médios de 5,26 mm e animais Nelore valores médios de 4,07mm de gordura subcutânea (Tabela 4).

Nosso resultado, vai ao encontro da premissa anterior de que o decréscimo da testosterona acarreta maior deposição de tecido adiposo na carcaça, uma vez que os animais castrados apresentaram maior EGS. Em relação à composição racial, raças precoces, como taurinas, e seus cruzados, tendem a ter a curva de deposição tecidual encurtada, iniciando a deposição de tecido adiposo mais precocemente. Logo, nosso estudo vai ao encontro dessa afirmativa, pois os animais cruzados apresentam valores médios superiores aos encontrados para animais da raça Nelore (Tabela 4).

6.3. Cor da carne

Com relação ao espectro de cor variando de vermelho ao verde (a^*), a raça ($P = 0,0029$), classe sexual ($P = 0,0147$) e maturação ($P = 0,0311$) apresentaram efeito

significativo (Tabela 1). Os valores médios observados para raça foram de 13,697 e 14,209, para cruzado e Nelore, respectivamente, notando-se superioridade dos valores encontrados para animais Nelore indicando carne com uma coloração vermelha mais intensa para essa raça. Em relação à classe sexual, animais castrados foram inferiores aos animais não castrados, 13,74 e 14,16, respectivamente (Tabela 4), permitindo inferir que animais não castrados apresentam maior proporção de fibras oxidativas que animais castrados, além de serem mais reativos, o que acarreta pH final de carcaça mais alto (Figura 2), explicando a coloração um pouco menos intensa. Dentro dos tempos de maturação, as médias para o tempo 0 e 7 foram semelhantes, assim como, as médias para os tempos 14 e 21 dias (Tabela 8). Esses dados eram esperados, visto que, carnes maturadas perdem sua coloração vermelho purpura mais rapidamente e quando exposta ao ambiente externo, oxigena mais rapidamente.

O parâmetro b^* , espectro de onda variando do amarelo ao azul, foi afetado pela raça ($P=0,0026$) e pela classe sexual ($P<0,0001$) (Tabela 1). No tocante à raça, os animais cruzados apresentaram valores superiores aos Nelore, 12,97 *versus* 13,33, respectivamente (Tabela 2). Em relação à classe sexual, animais castrados apresentaram valores superiores aos não castrados, 13,39 *versus* 12,91 (Tabela 4).

Na Tabela 1, verifica-se que houve efeito da classe sexual ($P<0,0001$) sobre a luminosidade da carne, sendo que animais castrados apresentaram média superior a animais não castrados, contrapondo 39,41 e 38,33 de luminosidade (Tabela 4). Esses dados vão de encontro, aos dados referentes ao pH final, nos quais animais não castrados apresentaram valores maiores. Existem três tipos de água na carne, sendo ligada, imobilizada e livre, o pH afeta o estado de ligação da água à miofibrila e a grosso modo, o grau de luminosidade é afetado (Castilho, 2022).

6.4. Cor da gordura subcutânea

Avaliando a coloração da gordura subcutânea, a luminosidade apresentou interação Raça*Classe sexual ($P=0,0445$), com médias respectivamente de 67,75, 66,40 68,07 e 69,46 para animais cruzados e castrados, cruzados e não castrados, Nelore e castrado e Nelore e não castrado (Tabela 6), onde, animais Nelore não castrados apresentaram a gordura com maior luminosidade, sendo menos escura que a de animais provenientes de cruzados não castrados, mas não diferindo dos demais tratamentos.

Quanto a variação do parâmetro a^* da gordura, verifica-se interação Maturidade*Classe sexual ($P=0,0198$) (Tabela 1), dessa maneira, onde animais inteiros com 2 dentes apresentaram gordura subcutânea mais avermelhada que a de animais inteiros com 0 ou 4 dentes, não diferindo das demais.

O parâmetro b^* diferente dos demais parâmetros apresentou diferença significativa para interação Maturidade*Raça*Classe sexual ($P=0,0363$), como apresentado na Tabela 1. As médias encontradas (Tabela 7) indicam que animais com maiores médias apresentaram a gordura com maior intensidade de amarelo.

6.5. Perdas por exsudação

Para as perdas de exsudatos por descongelamento, houve diferença estatística (Tabela 1) significativa para Classe sexual ($P=0,0483$) e para Maturação ($P<0,0001$). As porcentagens médias de perdas por descongelamento encontradas para animais castrados foram 4,07%. Já os animais não castrados obtiveram como porcentagem média, 4,42% (Tabela 4). Analisando o tempo de maturação, observamos que amostras maturadas por 0, 7, 14 e 21 dias apresentaram como porcentagem média de perdas durante o descongelamento, 5,4123, 4,168, 3,768 e 3,639% de exsudatos, respectivamente, sendo os tempos 7, 14 e 21 considerados estatisticamente iguais (Tabela 8). Verificamos que os tratamentos com não castrados apresentaram maiores porcentagens de perdas quando comparados com animais castrados, indo ao encontro dos dados de AOL e EGS, pois o tecido muscular tem, em sua composição água livre, imobilizada e ligada. Assim sendo, quanto maior a musculabilidade animal maior será o teor de exsudatos esperado. Outro ponto destacável, para a perda por descongelamento, é a maturação onde observou-se maiores perdas para o dia 0 em relação aos demais tempos de maturação, que permaneceram semelhantes.

Nas perdas por cocção encontramos interação Raça* Classe sexual ($P=0,0171$) (Tabela 1), onde, animais cruzados castrados apresentaram média de perdas durante a cocção 21,11% de exsudatos, seguido de animais Nelore não castrado, com média de 20,66 %, cruzados não castrados média de 20,54% e Nelore castrado, com média de 19,82% (Tabela 6). Durante a cocção, as perdas se dão por desnaturação das proteínas e mudança na polaridade celular, que permite o extravasamento do conteúdo celular e da água ligada e as diferenças observadas entre as raças e na

interação Raça*Classe sexual, podem ser explicadas pela maior musculosidade dos animais cruzados.

As perdas totais apresentaram interação Raça*Classe sexual ($P=0,0212$) (Tabela 1), onde, animais cruzados castrados apresentaram média de 24,360%, seguido de animais Nelore não castrado, com média de 24,209%, animais cruzados não castrados com 24,005%, e Nelore castrado com 23,034% de perdas de exsudatos ao longo de todo o processo de descongelamento (Tabela 6). As perdas totais correspondem a porcentagem de perdas de exsudatos durante todo o processo de manipulação da carne fresca, do início do processo de descongelamento ao final da cocção, em relação ao tempo de maturação os dados estão de acordo com o esperado, uma vez que as perdas foram crescentes, ao longo do aumento dos dias de maturação. Isso pode ser atribuído ao maior tempo de atividade de enzimas proteolíticas, que degradam proteínas do citoesqueleto como a desmina, perdendo, assim a capacidade de reter água no interior das células com o decorrer do processo de maturação. As perdas totais para animais cruzados castrados apresentaram média de 24,360 %, seguido de animais Nelore não castrado, com média de 24,209%, animais cruzados não castrados com 24,005% e Nelore castrado com 23,034%, esses dados podem ser atribuídos a proporção de gordura ou adipócitos no corte, o que é negativamente associado à perda de exsudato total da carne.

6.6. Força de cisalhamento

Houve interações Maturidade*Raça ($P=0,0076$) e Raça*Classe sexual ($P=0,0132$), (Tabela 1). Verificou-se que, isolando-se os efeitos de maturidade, maturação e raça, que animais castrados apresentaram carne mais macia quando comparada a de não castrados, o que pode ser atribuído à maior proteólise *post mortem* nos castrados. Assim, é importante destacar que animais castrados apresentam valores para maciez dentro dos limites apontados como desejáveis, sendo esses descritos por Alves (2005) com força de cisalhamento inferior a 4,5 kgf. Em relação ao processo de maturação, verificamos que, à medida que aumentamos o tempo de maturação, a maciez torna-se mais pronunciada, com redução significativa da força de cisalhamento de 0 para 14 dias de maturação. No entanto, de 14 para 21 dias, essa diferença é pequena e deve ser verificada a relação benefício-custo para a adoção de 7 dias adicionais ao processo de maturação. Por fim, de acordo ao encontrado para

as interações Maturidade*Raça e Raça*Classe sexual, verificamos que o padrão de raça teve grande influência na maciez. Assim, as médias para a interação Maturidade*Raça foram 5,260, 4,778, 4,433, 4,914, 4,421 e 4,534 para animais 0 maturidades cruzados, 0 maturidades Nelore, 2 maturidades cruzados e 2 maturidades Nelore, 4 maturidades cruzados e 4 maturidades Nelore, respectivamente. Esses dados nos permitem inferir que os animais com menor número de dentes permanentes ainda estavam em crescimento muscular acelerado, com maior atividade proteolítica da calpaína em virtude de menor inibição por calpastatina. Para a interação Raça*Classe sexual, as médias foram de 4,024 KgF para animais cruzados e castrados, 5,385 KgF para animais cruzados e não castrados, 4,354 KgF para animais Nelore castrados e 5,130 KgF para animais Neloires não castrados, podendo ser atribuído à diferença de tecido adiposo. Provavelmente, animais com menores valores de força de cisalhamento apresentaram maiores teores de gordura entre as fibras musculares e menor taxa de refrigeração da carcaça *post mortem*, permitindo maior proteólise muscular.

7. CONCLUSÕES

Embora existam algumas diferenças na qualidade da carne entre os animais Nelore e Cruzados, castrados ou não castrados, até 4 dentes incisivos permanentes de maturidade, submetidas ou não ao processo de maturação, estas apresentam uma excelente qualidade, com valores médios dentro da faixa descrita na literatura como aceitável.

Tabela 1: Efeitos principais de interação de raça, idade (dentes), sexo e maturação sobre os parâmetros de carcaça e de qualidade da carne.

Parâmetro ¹	p-Valor						
	Raça	Dentes*Raça	Sexo	Dentes*Sexo	Raça*Sexo	Interação dente*raça*sexo	Maturação
EGS	0,0007	0,7796	0,0029	0,8008	0,979	0,1657	.
AOL	0,0655	0,9978	<,0001	0,327	0,0708	0,2882	.
L gor	0,0136	0,6183	0,9731	0,3077	0,0445	0,4296	.
a* gor	0,0049	0,3834	0,0324	0,0198	0,8875	0,2245	.
b* gor	0,241	0,2982	0,5874	0,7648	0,9462	0,0363	.
PC	0,047	0,5178	0,6466	0,1478	0,0171	0,0523	0,4624
PT	0,0905	0,8468	0,2154	0,3214	0,0212	0,0514	0,0065
PD	0,954	0,2934	0,0483	0,8907	0,4972	0,4494	<,0001
L* car	0,0788	0,2586	<,0001	0,8307	0,2794	0,9918	0,1029
a* car	0,0029	0,5544	0,0147	0,12	0,1518	0,5645	0,0311
b* car	0,0026	0,6251	<,0001	0,0636	0,2718	0,694	0,386
FC	0,7476	0,0076	<,0001	0,1818	0,0132	0,3658	<,0001

¹EGS: espessura de gordura subcutânea; AOL: área de olho de lombo; L gor, a*gor, b*gor: parâmetros de cor da gordura; PC: perdas por cocção; PT: perdas totais; PD: perdas por descongelamento; L car, a* car, b*car: parâmetros de cor da carne; FC: força de cisalhamento; CS: comprimento de sarcômero.

Tabela 2: Efeito da raça sobre os parâmetros de carne e carcaça.

Parâmetro ¹ \ Raça ²	Cru	Nel	p- Valor
EGS	5,263	4,067	0,0007
Lgor	67,076	68,766	0,0136
a*gor	11,438	10,429	0,0049
PC	20,825	20,238	0,047
a*car	13,697	14,209	0,0029
b*car	12,968	13,330	0,0026

¹EGS: espessura de gordura subcutânea; L gor, a*gor: parâmetros de cor da gordura; PC: perdas por cocção; a* car, b*car: parâmetros de cor da carne.

²Cru: Cruzado; Nel: Nelore.

Tabela 3: Efeito da interação Dentes*Raça sobre a força de cisalhamento da carne.

Parâmetro ¹ /Dente*Raça ²	0Cru	0Nel	2Cru	2Nel	4Cru	4Nel	p- Valor
FC	5,260 a	4,778 ab	4,433 b	4,9144 ab	4,421 b	4,534 b	0,0076

¹FC: força de cisalhamento.

²0Cru: Bovinos Cruzados com 0 dentes; 0Nel: Bovinos Nelore com 0 dentes; 2Cru: Bovinos Cruzados com 2 dentes; 2Nel: Bovinos Nelore com 2 dentes; 4Cru: Bovinos Cruzados com 4 dentes; 4Nel: Bovinos Nelore com 4 dentes.

Tabela 4: Efeito do sexo sobre os parâmetros de carne e carcaça.

Parâmetro ¹ \ Sexo ²	Cas	Int	p- Valor
EGS	5,186	4,145	0,0029
AOL	65,820	72,199	<,0001
PD	4,070	4,424	0,0483
L car	39,411	38,327	<,0001
a* car	13,743	14,162	0,0147
b* car	13,387	12,911	<,0001
FC	4,189	5,257	<,0001

¹EGS: espessura de gordura subcutânea; AOL: área de olho de lombo; PD: perdas por descongelamento; a* car, b*car: parâmetros de cor da carne; FC: força de cisalhamento.

²Cas: Bovinos Castrados; Int: Bovinos Inteiro (não castrado).

Tabela 5: Efeito da interação Dente*Sexo sobre os parâmetros de cor da carne.

Parâmetro ¹ \ Dente *Sexo ²	0*Cas	0*Int	2*Cas	2*Int	4*Cas	4*Int	p- Valor
a*gor	10,167 ab	12,199 a	10,592 ab	10,068 b	10,9 ab	11,675 a	0,0198

¹a*gor: parâmetro de cor da gordura.

²0*Cas: Bovinos castrados com 0 dentes; 0*Int: Bovinos inteiros com 0 dentes; 2*Cas: Bovinos castrados com 2 dentes; 2*Int: Bovinos inteiros com 2 dentes; 4*Cas: Bovinos castrados com 4 dentes; 4*Int: Bovinos inteiros com 4 dentes.

Tabela 6: Efeito da interação Raça*Sexo sobre os parâmetros de carne e gordura.

Parâmetro ¹ \ Raça *Sexo ²	Cru *Cas	Cru *Int	Nel *Cas	Nel *Int	p- Valor
Lgor	67,749 ab	66,403 b	68,070 ab	69,462 a	0,0445
PC	21,111 a	20,540 b	19,818 b	20,659 ab	0,0171
PT	24,360 a	24,005 ab	23,034 b	24,209 a	0,0212
FC	4,024 b	5,385 a	4,354 b	5,130 a	0,0132

¹Lgor: parâmetro de cor da gordura.

²Cru*Cas: Bovinos cruzados castrados; Cru*Int: Bovinos cruzados inteiros; Nel*Cas: Bovinos nelore castrados; Nel*Int: Bovinos nelore inteiros.

Tabela 7: Efeito da interação Dentes*Raça*Sexo (DRS) sobre os parâmetros de carne e gordura.

Parâm ¹ \DRS ²	OCC	OCl	ONC	ONI	2CC	2Cl	2NC	2NI	4CC	4Cl	4NC	4NI	p- Valor
b*gor	19,798c	20,889a	20,396ab	19,71c	19,985c	19,963c	20,410ab	19,746c	21,775a	20,223ab	19,625c	20,354ab	0,0363

¹b*gor: parâmetro de cor da gordura.

²OCC: Bovinos cruzados castrados com 0 dentes; OCl: Bovinos cruzados inteiros com 0 dentes; ONC: Bovinos nelore castrados com 0 dentes; ONI: Bovinos nelore inteiro com 0 dentes; 2CC: Bovinos cruzados castrados com 2 dentes; 2Cl: Bovinos cruzados inteiro com 2 dentes; 2NC: Bovinos nelore castrado com 2 dentes; 2NI: Bovinos nelore inteiro com 2 dentes; 4CC: Bovinos cruzados castrados com 4 dentes; 4Cl: Bovinos castrado inteiro com 4 dentes ; 4NC: Bovinos nelore castrado com 4 dentes; 4NI: Bovinos nelore inteiro com 4 dentes.

Tabela 8: Efeito da maturação sobre os parâmetros de carne.

Parâmetro ¹ \ Maturação ²	0	7	14	21	p- Valor
PD	5,4123 a	4,168 b	3,768 b	3,639 b	0,0065
PT	24,873 a	23,53 b	23,84 ab	23,366 b	0,0065
a*car	14,178 a	14,2181 a	13,792 b	13,622 b	0,0311
FC	6,003 a	5,044 b	4,066 c	3,78 c	<,0001

¹PD: Perdas por descongelamento; PT: Perdas totais; a* car: Parâmetro de cor da carne relacionado com a intensidade de vermelho; FC: Força de cisalhamento.

²0, 7, 14 e 21 dias de maturação.

REFERÊNCIAS

- Alves, D.D.; Goes, R.H.T.B.; Mancio, A B. Maciez da carne bovina. *Ciência Animal Brasileira*, v.6, n.3, p.135-149, 2005.
- Alves, L. R. Qualidade de carne Suína. 1. Efeito do Gene Halotano sobre a decomposição de Gordura Intramuscular. 2 Efeito da Suplementação com Minerais Pré-Abate. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil, 2011.
- Andrade, J. M. Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de novilhos de diferentes grupos genéticos terminados em confinamento. 2017. 60f. Dissertação (Mestre em Zootecnia) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.
- Barbosa, P.F., (1990). Cruzamentos para a produção de carne bovina no Brasil. In: Sociedade Brasileira de Zootecnia ed. *Bovinocultura de corte*, p 1-45. priacicaba: FEALQ. 146p.
- Berg, R. T.; Butterfield, R. M. *New concepts of cattle growth*. Sydney: Sydney University Press. 1976. 240 p.
- Bruce, H. L., Stark, J. L., & Beilken, S. L. (2004). The effects of finishing diet and postmortem ageing on the eating quality of the *M. longissimus thoracis* of electrically stimulated Brahman steer carcasses. *Meat Science*, 67(2), 261–8. doi:10.1016/j.meatsci.2003.10.014
- Bianchini, W.; Silveira, A.C.; Jorge, A.M. et al. Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da carne fresca e maturada de bovinos superprecoces. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.6, p.2109-2117, 2007.
- Brasil. Instrução Normativa Nº. 03/00. Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. Brasília: M.A.A., 2000. Publicado no Diário Oficial da União de 24/01/2000.
- Bridi, A. M. (2002). Normas de avaliação, classificação e tipificação de carnes e carcaças. Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

- Cervieri, R.C.; Arrigoni, M.D.B.; Oliveira, H.N. et al. Desempenho e características de carcaça de bezerros confinados recebendo dietas com diferentes degradabilidades da fração protéica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.5, p.1590-1599, 2001.
- Cross, H., West, R., & Dutson, T. (1981). Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef semitendinosus muscle. *Meat Science*. doi:10.1016/0309-1740(81)90016-4
- Culler, R. D., Parrish, F. C., Smith, G. C., & Cross, H. R. (1978). Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. *Journal of Food Science*, 43, 1177–1180. doi:10.1111/j.1365-2621.1978.tb15263.x
- Grau, R. H.; Hamm, R. A. Eine einfache methode zur bestimmung der wasserbindung im muskel. *Naturwissenschaften*, v. 40, p. 29–30, janeiro 1953. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2F00595734>.
- Gornall, A. G., Bardawill, C. J., & David, M. M. (1949). Determination of serum protein by means of the biuret reaction. *Journal of Biological Chemistry*, 177(11), 751–766. Retrieved from <http://www.jbc.org/content/177/2/751.short#ref-list-1>
- Hadlich, J.C., Morales, D.C., Silveira, A.C., Oliveira, N.H., Chardulo, L.A.L. (2006). Efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos de distintos grupos genéticos. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, vol. 28, núm. 1, enero-marzo, 2006, pp. 57-62
- Hamm, R. Biochemistry of meat hydration. *Advanced Food Research*, v.10, p.335-362, 1960.
- Hopkins, D. L., Martin, L., & Gilmour, a R. (2004). The impact of homogenizer type and speed on the determination of myofibrillar fragmentation. *Meat Science*, 67(4), 705–10. doi:10.1016/j.meatsci.2004.01.011
- Holman, W.B., Hopkins, D.L. A comparison of the Nix Colour Sensor Pro™ and HunterLab MiniScan™ colorimetric instruments when assessing aged beef colour stability over 72 h display. *Meat Science*, 147 (2019) 162–165.
- Khoury, G. A., Baliban, R. C., & Floudas, C. A. (2011). Proteome-wide post-translational modification statistics: Frequency analysis and curation of the Swiss-Prot

- database. *Scientific Reports*, 1, 90–94. <https://doi.org/10.1038/srep00090>
- Koolmees, P. A., Korteknie, F., & Smulders, F. J. M. (1986). Accuracy and utility of sarcomere length assessment by laser diffraction. *Food Microstructure*, 5(1), 71–76.
- Koolmees, P. A., Korteknie, F., & Smulders, F. J. M. (1986). Accuracy and utility of sarcomere length assessment by laser diffraction. *Food Microstructure*, 5(1), 71–76.
- Kubota, E. H.; Olivo, R.; Shimokomaki, M. Maturação da carne: um processo enzimático. *Revista Nacional da Carne*, v. 18, n. 200, out., p. 12-15, 1993.
- Kuss, F.; Restle, J.; Brondani, I.L.; Pascoal, L. L.; Menezes, L. F. G.; Pazdiora, R. D.; Freitas, L. S. Características da carcaça de vacas de descarte de diferentes grupos genéticos terminadas em confinamento com distintos pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34. n.3, maio/jun., p. 915-925, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000300025>.
- Martha, G.B., Alves, E., Contini, E. (2012). Land-saving approaches and beef production growth in Brazil. *Agric. Syst.* 110, 2012, 173–177.
- Mcintyre, B.L. Carcass measurements and treatments. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*, Perth, v.20, p.37- 39, 1994.
- Wheeler, T. L., Shackelford, S. D., & Koohmaraie, M. (2002). Technical note: Sampling methodology for relating sarcomere length, collagen concentration, and the extent of postmortem proteolysis to beef and pork longissimus tenderness. *Journal of Animal Science*, 80(4), 982–987. doi:/2002.804982x
- Ladeira, M. M.; Schoonmaker, J.; Chizzotti, M. L.; Oliveira, R. L. Desafios nutricionais para a melhoria da qualidade de carne bovina. In: Oliveira, R.L.; Barbosa, M. A. A. F. *Bovinocultura de Corte: Desafios e Tecnologias*. Salvador: EDUFBA, 2014. p. 235 -269.
- Luchiari Filho, A. *A pecuária da carne bovina*. LinBife, São Paulo, SP, 2000.
- Macdougall, D.B. Colour meat. In: Pearson, A.M.; Dutson, T.R. (Eds.). *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products - Advances in Meat Research Series*. London: Blackie Academic & Professional, 1994. v.9, cap.3,

p.79-93.

Powell, T.H. [Hunt](#), M.C. [Dikeman](#), M.E. Enzymatic assay to determine collagen thermal denaturation and solubilization. *Meat Sci.*, Barking, v. 54, p. 307-311, 2000.

Prado, C.S.; Pádua, J.T.; Corrêa, M.P.C.; Ferraz, J. B. S.; Miyagi, E.S.; Resende, L.S.; Comparação de diferentes métodos de avaliação de área de olho de lombo e cobertura de gordura em bovino de corte. *Ciência Animal Brasileira*, v.5, p.141-149,2004.

Ouali, A., Herrera-Mendez, C. H., Coulis, G., Becila, S., Boudjellal, A., Aubry, L., & Sentandreu, M. A. (2006). Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. *Meat Science*, 74(1), 44–58. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.05.0>

Restle, J.; Pascoal, L.L.; Faturi, C.; Alves Filho, D.C.; Brondani, I.L.; Pacheco, P.S.; Peixoto, L.A.O. Efeito do grupo genético e da heterose nas características quantitativas da carcaça de vacas de descarte terminadas em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.1, p.350-362, 2002. (Suplemento)

Silva Sobrinho, A. G.; Purchas, R. W.; Kadim, I. T.; Yamamoto, S. M. Características de qualidade da carne de ovinos de diferentes grupos genéticos e idades ao abate. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 3, p. 1070-1078, 2005.

CAPÍTULO 2: Efeito da classe sexual e do grupo genético sobre a estimativa de rendimento de carcaça de bovinos confinados utilizando equações não lineares

Débora E.F. Assis ^{a, *}, et al...

^a Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil

* Endereço para correspondência: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 36570-000, MG, Brasil. E-mail: debora.assis@ufv.br

1. RESUMO

O peso de carcaça define o valor pago ao animal após o abate, sendo de grande valia para estimar a lucratividade do sistema produtivo. Atualmente, é o principal parâmetro considerado no momento da comercialização de bovinos em frigoríficos comerciais. A relação entre o peso de carcaça e o peso do animal vivo em jejum corresponde ao rendimento de carcaça. Este pode ser afetado pela intensidade da limpeza, na etapa de toalete no frigorífico, assim como pelo peso vivo, grupo genético e condição sexual do animal, sendo importante ponderar esses efeitos para uma estimativa mais assertiva do peso da carcaça. Um banco de dados contendo informações de 19 experimentos realizados na UFV, foi utilizado para estabelecer as relações entre o peso corporal em jejum (PCJ, kg) e o peso de carcaça quente antes da toalete (PCQ, kg), totalizando 684 observações de bovinos terminados em confinamento, sendo 472 machos não castrados, 115 fêmeas e 95 machos castrados, e 477 da raça Nelore, 52 cruzados com raças taurinas de corte (Cruzado Corte) e 153 cruzados com raças taurinas com aptidão leiteira (Cruzado leite). Adicionalmente, um outro banco de dados contendo, 5 estudos, foi utilizado para determinar as perdas na limpeza de toalete, totalizando 192 observações de PCQ e de peso de carcaça quente após a toalete (PCQI, kg) de bovinos Nelore ou Cruzados de corte, das classes sexuais macho não castrado ou fêmea. Após avaliação da aderência à distribuição normal, foi realizada uma meta-análise considerando o efeito aleatório de estudo e os efeitos fixos do PCJ, grupo genético e classe sexual e realizada a avaliação de ajuste de modelos lineares e não-lineares que melhor descrevem estatisticamente as relações PCJ e PCQ e de PCQ e PCQI, com base no critério AIC. Para a equação de predição do peso de carcaça quente, houve efeito das condições sexuais e dos grupos genéticos ($P < 0,05$) sobre o parâmetro alométrico da equação não-linear de melhor ajuste, mas não houve efeito sobre o intercepto ($P > 0,05$). Não houve efeito da condição sexual ou grupo genético ($P > 0,05$) sobre os parâmetros de limpeza de carcaça, nem significância do intercepto da equação, sendo gerada uma equação geral para todas as classes e grupo genéticos: $PCQI = 0,9401 \times PCQ$ ($R^2 = 0,998$). As equações apresentadas são úteis para estimar o peso de carcaça inicial e determinar o rendimento biológico, assim como para predizer o rendimento de carcaça de bovinos confinados, abatidos em frigoríficos comerciais.

2. ABSTRACT

Carcass weight defines the value paid to the animal after slaughter, being of great value in estimating the profitability of the production system. Currently, it is the main parameter considered when selling cattle in commercial slaughterhouses. The relationship between carcass weight and fasting live animal weight corresponds to carcass yield. This can be affected by the intensity of cleaning, during the toileting stage in the slaughterhouse, as well as by the live weight, genetic group and sexual condition of the animal, and it is important to consider these effects for a more assertive estimate of carcass weight. A database containing information from 19 experiments carried out at UFV was used to establish relationships between fasting body weight (BWW, kg) and hot carcass weight before toileting (BWW, kg), totaling 684 observations of cattle finished in confinement, with 472 non-castrated males, 115 females and 95 castrated males, and 477 of the Nelore breed, 52 crossed with taurine beef breeds (Cruzado Corte) and 153 crossed with taurine breeds with dairy aptitude (Cruzado Leite). Additionally, another database containing 5 studies was used to determine losses in toilet cleaning, totaling 192 observations of PCQ and hot carcass weight after toileting (PCQI, kg) of Nelore or crossbred beef cattle, of sexual classes uncastrated male or female. After evaluating the distribution to normal distribution, a meta-analysis was carried out considering the random effect of the study and the fixed effects of PCJ, genetic group and sexual class and an assessment of the adjustment of linear and non-linear models that best statistically describes how PCJ and PCQ and PCQ and PCQI relations, based on AIC titles. For the hot carcass weight prediction search, there was an effect of sexual conditions and genetic groups ($P < 0.05$) on the allometric parameter of the non-linear search for best fit, but there was no effect on the interception ($P > 0.05$). There was no effect of sexual condition or genetic group ($P > 0.05$) on carcass cleaning intervals, nor significance of the finding intercept, generating a general finding for all classes and genetic group: $PCQI = 0.9401 \times PCQ$ ($R^2 = 0.998$). The figures presented are useful for estimating initial carcass weight and determining biological yield, as well as for predicting carcass yield of confined cattle slaughtered in commercial slaughterhouses.

3. INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira vem se sustentando em um patamar de destaque nos últimos anos. Dessa forma, entender a carcaça se torna-se importante quanto conhecer os fatores ligados à carne. A carcaça bovina, embora seja uma engrenagem importante dentro do sistema produtivo, não pode ser considerada como produto, uma vez que não é o que o consumidor compra, sendo enquadrada como produto intermediário.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2004), carcaça bovina pode ser definida como sendo: “Animal abatido, sangrado, esfolado, eviscerado, desprovido de cabeça (separada entre os ossos occipital e atlas), patas (seccionadas à altura das articulações carpo-metacarpiana e tarso-metarsiana), rabada, órgãos genitais externos, gordura perirrenal e inguinal, ferida de sangria, medula espinhal, diafragma e seus pilares (lombinho)”.

Conhecer essa definição é de extrema importância pois permite a verificação de distúrbios que podem levar a prejuízos e complicações legais. Vale ressaltar que o conceito de carcaça é variável entre países, afetando diretamente o peso de carcaça e conseqüentemente, o rendimento.

Fisicamente, a carcaça é composta por três constituintes corporais, sendo: os tecidos muscular, ósseo e adiposo. A carcaça ideal apresenta maior proporção de músculo, menor de tecido ósseo e a quantidade de tecido adiposo dependente do mercado ao qual está inserida. Contudo, os frigoríficos brasileiros que buscam por qualidade, exigem uma quantidade mínima de 3 mm de gordura subcutânea.

As características avaliadas na carcaça são denominadas indicadores, podendo ser classificados como qualitativos ou quantitativos. Os indicadores qualitativos estão ligados à qualidade do produto, ao passo que os indicadores quantitativos, ajudam a predizer a quantidade de carne que será obtida após a desossa, sendo nosso foco inicial nesse capítulo.

Dentre os principais indicadores quantitativos, o peso de carcaça é o de maior impacto, sendo utilizado como critério para a comercialização de bovinos e desclassificação da carcaça dentro de alguns sistemas de classificação. Sabe-se que o peso de carcaça está fortemente ligado à quantidade de carne à desossa, atuando como um medidor da rentabilidade dentro do sistema produtivo, impactando linearmente em outro indicador, o rendimento de carcaça.

Este, embora não apresente relevância em se tratando de sistema de avaliação de carcaça, sobressaiu-se para a produção animal, principalmente na comercialização *in vivo*.

O rendimento de carcaça pode ser modulado tanto por fatores ligados ao animal, tais como grupo genético, condição sexual e nível nutricional, como por fatores externos, por exemplo, a intensidade da limpeza na etapa de toaleta no frigorífico.

Dessa forma, estimar o impacto desses fatores, de modo preciso e acurado, no peso de carcaça, por meio de equações de predição, é fundamental para minimizar gargalos dentro da produção de carne.

4. OBJETIVOS

Objetivou-se, com esse estudo, obter uma equação não linear para estimar o peso de carcaça, assim como para o rendimento de carcaça de bovinos confinados apresentando diferentes classes sexuais e grupo genético.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Procedimentos pré-abate e abate dos animais seguiram os protocolos estabelecidos pela Instrução Normativa nº 3, de 17 de janeiro de 2000, instituída pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000).

5.1. Local e animais

O estudo foi conduzido com o auxílio de um banco de dados contendo 19 experimentos realizados no Frigorífico Escola do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa em Viçosa/ MG, com intuito de estabelecer as relações entre o peso corporal em jejum (PCJ, kg) e o peso de carcaça quente antes da toaleta (PCQ, kg) (Tabela 1). Totalizaram-se 684 observações em bovinos terminados em confinamento, (Tabela 1). Os animais designados como Cruzado de corte são provenientes de cruzamentos entre Zebu e raças taurinas de corte e Cruzado leite refere-se ao cruzamento entre Zebu e raças taurinas com aptidão leiteira.

Tabela 1 – Dados utilizados para desenvolver o modelo não linear para prever o peso da carcaça experimental de bovinos de corte.

Item	n	Peso corporal em jejum, kg	Peso de carcaça, kg
Estudos	19	-	-
Animais	682	380 ± 94,9	221 ± 58,9
<i>Classe sexual</i>			
Macho não castrado	472	401 ± 83,9	237 ± 52,5
Macho castrado	95	368 ± 103,6	204 ± 56,5
Fêmea	115	303 ± 88,9	168 ± 50,3
<i>Grupo genético</i>			
Zebu	477	376 ± 93,3	222 ± 59,2
Cruzado de corte	52	397 ± 105,9	231 ± 65,7
Cruzado de leite	153	388 ± 95,4	214 ± 55

Concomitantemente, um segundo banco de dados foi utilizado para determinar as perdas na limpeza de toalete (Tabela 2), assim, como desenvolver a equação para estimar o peso de carcaça comercial. Foram utilizados cinco estudos (Alhadas et al., 2021; Andrade, 2021; Lage, não publicado; Matos, não publicado; Pacheco, não publicado; Silva, não publicado) com 192 observações de PCQ e peso de carcaça quente após a toalete (PCQI, kg) em bovinos Nelore ou Cruzados de corte, sendo machos castrados, não castrados ou fêmeas.

Tabela 2 - Dados utilizados para determinar as perdas na limpeza de toalete de carcaça de bovinos.

Item	Banco de dados	Classe sexual		Grupo genético	
		Macho não castrado	Fêmea	Zebu	Cruzado de corte
Estudos, n	5	4	1	4	1
Animais, n	192	170	22	143	49
Peso corporal em jejum, kg	422 ± 85,5	424 ± 88,3	412 ± 60,1	400 ± 74,0	488 ± 83,6
Peso da carcaça antes da limpeza, kg	252 ± 52,4	254 ± 53,7	237 ± 38,3	238 ± 45,2	292 ± 51,4
Peso da carcaça após a limpeza, kg	237 ± 49,8	239 ± 51,2	222 ± 34,7	223 ± 41,8	279 ± 48,6
<i>Limpeza</i>					
Ferida da sangria; kg	2,26 ± 1,162	2,22 ± 1,206	1,58 ± 0,669	2,59 ± 1,126	1,31 ± 0,613

Ligamento nugal, kg	0,63 ± 0,233	0,66 ± 0,233	0,44 ± 0,097	0,72 ± 0,193	0,37 ± 0,114
Gânglios linfáticos, kg	0,95 ± 0,510	0,95 ± 0,527	0,90 ± 0,360	1,12 ± 0,480	0,45 ± 0,122
Medula óssea, kg	0,34 ± 0,136	0,34 ± 0,141	0,32 ± 0,088	0,38 ± 0,126	0,22 ± 0,086
Ponta do vergalho, kg	0,48 ± 0,400	0,48 ± 0,400	-	0,51 ± 0,460	0,42 ± 0,161
Limpeza geral*, kg	9,62 ± 3,488	9,49 ± 3,442	10,6 ± 3,76	9,35 ± 3,707	10,4 ± 2,63
Limpeza total, kg	14,2 ± 4,33	14,1 ± 4,34	14,8 ± 4,31	14,6 ± 4,63	13,2 ± 3,10

*Refere-se à remoção do excesso de gordura, partes danificadas ou contaminadas.

5.2. Validação da equação de predição do peso de carcaça comercial

Para a validação dos dados, foi utilizado um banco de dados independentes contendo informações experimentais e comerciais. Este apresentava dados de 10 experimentos, totalizando 1196 observações, descritos na Tabela 3, abrangendo machos não castrados e fêmeas zebuínas, e cruzados de corte. Nessas carcaças foi realizada a toailete, retirando os componentes de carcaça descritos na Tabela 2 e utilizados para obtenção de peso de carcaça comercial (cPCarc) observados em condições de experimento. O conjunto de dados comercial foi composto por 1.431 bovinos, abrangendo machos não castrados, machos castrados e fêmeas zebuínas e cruzados de corte. O banco de dados usado na análise de validação do modelo não linear não foi incluído no conjunto de dados usado para ajustar a equação testada.

Tabela 3– Descrição dos dados para validação do modelo não linear para predição do peso da carcaça comercial de bovinos de corte

Item	Banco de dados	
	Experimental	Comercial
Estudos, n	10	-
Animais, n	1196	1431
<i>Classe sexual, %</i>		
Macho não castrado	99,0	70,4
Macho castrado	-	4,19
Fêmea	0,96	25,4
<i>Grupo genético, %</i>		
Zebu	90,7	47,9
Cruzado de corte	9,32	52,1
Peso corporal em jejum, kg	488 ± 53,5	454 ± 52,5

Para a validação de nossas equações não linear de predição de cPCarc baseando em ePCarc, utilizamos a equação linear proposta por Benedetti et al. (2021).

$$\text{PCarc (kg)} = -11.03 + \text{CA} + (0.6094 + \text{CS} + \text{GG}) \times \text{PCJ}$$

Em que, PCarc = peso da carcaça; CA = condições de abate, se frigorífico comercial = -10,98, se abatedouro experimental = 0; CS = classe sexual, se macho castrado = 0, se macho não castrado = 0.008169 e se fêmea = -0.00612; GG = grupo genético, se Zebu = 0, se cruzado de leite = -0.03301, se cruzado de corte = -0,01595.

5.3. Análises estatística

As informações dos dois bancos de dados foram avaliadas quanto à aderência à distribuição normal.

Para o primeiro banco de dados, realizou-se uma meta-análise, considerando o efeito aleatório de estudo e os efeitos fixos do PCJ, grupo genético e classe sexual e realizada a avaliação de ajuste não-linear que melhor descrevem estatisticamente as relações PCJ e PCQ e de PCQ e PCQI, com base no critério de informação de Akaike (AIC).

No segundo banco de dados, um modelo misto foi validado, considerando como efeito aleatório a variação entre os estudos e, como efeitos fixos, o grupo genético e a classe sexual sobre a limpeza total, sendo utilizado para avaliar os modelos não-lineares com ou sem intercepto, que melhor se ajustavam à relação entre cPCarc e ePCarc com base no critério de informação de Akaike (AIC).

Todos as análises foram realizadas utilizando o procedimento MIXED do SAS 9.0 (Statistical Analysis System Institute, Inc.), adotando-se $\alpha = 0,05$.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao se avaliar o menor AIC encontrado, uma equação não linear com intercepto melhor predisse o ePCarc. Assim, ao analisar o expoente da equação, foi observado efeito estatístico significativo ($P < 0,05$) sobre o grupo genético e classe sexual. Contudo, ao se avaliar o efeito sobre o intercepto do modelo não linear, esse padrão não foi verificado.

A equação não linear descrita abaixo (Equação 1) foi a que melhor estimou o peso de carcaça experimental, sendo apontada como mais assertiva na predição a partir do PCJ.

$$ePCarc \text{ (kg)} = 0,41764 \times PCJ^{\beta 1} \quad \text{(Equação 1)}$$

Em que ePCarc (Kg) corresponde ao peso de carcaça experimental em Kg; PCJ ao peso corporal em jejum (kg) e $\beta 1$ refere-se aos efeitos de grupo genético e classe sexual, sendo o parâmetro que dita a taxa de ganho de carcaça.

O expoente refere-se ao coeficiente de predição do peso de carcaça experimental (Equação 1) sendo resultado dos efeitos de grupo genético e classe sexual, em que:

- macho não castrado zebu: apresenta $\beta 1 = 1,0583$
- macho não castrado cruzado de corte: apresenta $\beta 1 = 1,0561$
- macho não castrado cruzado de leite: apresenta $\beta 1 = 1,0479$,
- macho castrado Zebu: apresenta $\beta 1 = 1,0549$,
- macho castrado cruzado de corte: apresenta $\beta 1 = 1,0527$,
- macho castrado cruzado de leite: apresenta $\beta 1 = 1,0445$,
- fêmea Zebu: apresenta $\beta 1 = 1,0533$,
- fêmea cruzada de corte: apresenta $\beta 1 = 1,0511$, e
- fêmea cruzada de leite: apresenta $\beta 1 = 1,0429$.

Nota-se que os expoentes observados maiores do que 1 indicaram ganho de carcaça em uma taxa maior que o ganho de peso em jejum (GPJ), independentes do grupo genético e classe sexual. No entanto, ao se avaliar o grupo genético, verificou-se que zebuínos apresentaram maiores valores de $\beta 1$ ao serem comparados com cruzados de corte e leite, nessa ordem. Essa informação nos permite afirmar que zebuínos apresentam maiores proporções de músculo, gordura e ossos na carcaça

quando se pensa em GPJ, seguido do cruzado de corte e de leite, indicando uma maior rentabilidade desses animais, quando comparados aos demais.

Ao se avaliar o impacto da classe sexual em animais apresentando PCJ e genética semelhantes, verifica-se que o ePCarc estimado será maior para machos não castrados e menor para fêmeas, machos castrados apresentaram comportamento intermediário. Essa questão pode ser atribuída à deposição de tecidos na carcaça, machos não castrados apresentam maior proporção de tecido muscular, devido ao efeito anabólico da testosterona, e conseqüentemente, menor proporção de tecido adiposo, quando comparado com machos castrados e fêmeas. Outro ponto relevante, é a mudança na proporção de tecido adiposo corporal e onde este tecido se deposita em maior proporção. Ao se comparar animais machos com um mesmo peso corporal, verifica-se que machos castrados depositam maior teor de gordura abdominal e renal que machos não castrados. Em relação às fêmeas, há deposição de tecido adiposo de forma mais pronunciada nos órgãos internos e úbere, o que acaba diluindo, proporcionalmente a deposição de tecido em carcaça ao se comparar com machos, principalmente não castrados.

Em relação ao peso de carcaça comercial, calculado a partir do peso de carcaça experimental, não foi observado efeito de grupo genético ou classe sexual ($P > 0,05$) quando se avaliou a limpeza total em quilogramas. Além disso, baseado no menor valor AIC, apenas uma equação linear sem intercepto foi capaz de prever o cPCarc baseando-se no ePCarc. E, nenhum dos efeitos avaliados ($P > 0,05$) foi observado para a inclinação da equação. Dessa forma, a equação proposta foi:

$$cPCarc \text{ (kg)} = 0,9391 \times ePCarc \quad (\text{Equação 2})$$

Em que cPCarc = peso de carcaça comercial (kg) e ePCarc = peso de carcaça experimental (kg).

Substituindo o ePCarc na Equação 2, é possível calcular o cPCarc da seguinte forma:

$$cPCarc \text{ (kg)} = 0,9392 \times (0,41764 \times PCJ^{\beta_1}) \quad (\text{Equação 3})$$

Assim, $cPCarc$ = peso de carcaça comercial (kg); PCJ = peso corporal em jejum (kg); β_1 = coeficiente de predição do peso de carcaça experimental.

A equação de predição proposta para $cPCarc$ vai de encontro aos resultados observados para a toaleta aplicada, onde os efeitos de grupo genético ou classe sexual não foram significativos para a toaleta total e inclinação da equação do $cPCarc$. Mesmo existindo algumas discrepâncias numéricas nos valores encontrados, em alguns componentes, da carcaça durante a toaleta de machos não castrados e fêmeas, zebuínos e cruzados de corte, a contribuição total foi estatisticamente semelhante, com uma média de 14,2 Kg.

Para a validação de nossas equações não lineares de predição de $cPCarc$, baseando em $ePCarc$, utilizamos a equação linear proposta por Benedetti et al. (2021). Observamos que a Equação 3 apresentou acurácia e precisão para o cálculo de $cPCarc$, onde o intercepto e a inclinação se mantiveram entre 0 e 1 ($P > 0,05$). Ao se verificarem (Tabela 4) o coeficiente de determinação (R) e o coeficiente de correlação e concordância (CCC), ambos apresentaram valor próximo a 1, tanto no que se refere aos dados experimentais quanto comerciais. No entanto, uma qualidade superior de ajuste foi observada quando o $cPCarc$ foi avaliado com o conjunto de dados experimental, que apresentou os maiores valores de R^2 e CCC e o menor quadrado médio do erro de predição (QMEP). Além disso, o desmembramento do QMEP mostrou que as proporções de tendência central (SB) foram de 0,01 e 18,3%, enquanto as proporções de componente relativo ao modelo de flutuação aleatória (MoF) foram de 99,8 e 67,9% nas comparações dos bancos de dados experimental e comercial, respectivamente.

Os maiores R^2 e CCC e o menor QMEP indicaram precisão e reprodutibilidade superiores na avaliação experimental, o que é compreensível pelo maior controle do ambiente e das condições experimentais. Além disso, os erros de predição para $cPCarc$ foram menos associados com a SB em condições experimentais do que comerciais. Assim, os erros de predição para $cPCarc$ em condições experimentais apresentaram uma proporção menor associada ao modelo do que aqueles para condições comerciais.

Vale ressaltar que a equação foi proposta para prever o $cPCarc$, todos os dados obtidos são oriundos de condições experimentais, nas quais é reproduzido o procedimento de limpeza com intuito de mimetizar o que ocorre em condições de frigoríficos comerciais. Outro ponto importante, é que o impacto do transporte foi menor que o que ocorre em condições comerciais, uma vez que o abatedouro fica próximo ao confinamento. É de

conhecimento, que a forma e a intensidade que a toailete ocorre é variável, o que afeta o cPCarc obtido. Variações nos procedimentos de manejo e toailete realizado nos animais do banco de dados comercial e no banco de dados utilizado para gerar a equação podem ter contribuído para menor qualidade do ajuste ao se estimar o cPCarc em condições comerciais.

Outras questões que podem explicar a melhor qualidade de ajuste da validação realizada, são a composição do banco de dados utilizado apresentar composição bastante distinta, já que o banco de dados experimental continha machos não castrados (99%) e fêmeas (0,96%), contrapondo ao comercial, que continha machos não castrados (70,4%), machos castrados (4,20%) e fêmeas (25,4%). E, o banco de dados experimental utilizado na validação, foi composto majoritariamente por bovinos Zebu (90,7%), enquanto a maioria dos bovinos do banco de dados comercial foram cruzados de corte (52,1%) e ainda, à ausência de indivíduos machos castrados no banco de dados para gerar equação de cPCarc. Contudo, a equação proposta pode ser considerada adequada para estimar cPCarc devido à sua boa precisão e acurácia em condições experimentais e comerciais.

7. CONCLUSÕES

As equações apresentadas são úteis para estimar o peso de carcaça inicial e determinar o rendimento biológico, assim como para prever o rendimento de carcaça de bovinos confinados, abatidos em frigoríficos comerciais.

REFERÊNCIAS

- Alhadas, H.M. 2022. Impact of different levels of low-fat dried distillers grains in finishing diets on performance, nutrient intake and digestibility, in situ degradability and on protein and energy intake and retention and estimation of protein and energy requirements of young Nellore bulls from: <https://locus.ufv.br//handle/123456789/29434>
- Andrade, D. R. de. 2021. Desempenho e exigências nutricionais de bovinos alimentados com dietas contendo diferentes blends vitamínicos. Available from: <https://locus.ufv.br//handle/123456789/28052>
- Assis, G. J. de F. 2021. Análise de imagens na caracterização biométrica e avaliação da carcaça de bovinos. Tese (Doutorado) Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.
- Berg, R. T., and R. M. Butterfield. 1976. New concepts of cattle growth. Macarthur Press, Sydney.
- Benedeti, P. D. B., S. C. Valadares Filho, M. L. Chizzotti, M. I. Marcondes, and F. A. de S. Silva. 2021. Development of equations to predict carcass weight, empty body gain, and retained energy of Zebu beef cattle. *Animal*. 15. doi: 10.1016/j.animal.2020.100028.
- Brasileiro, L.A.A., 2023. Avaliação de equações na predição de peso de carcaça e espessura de gordura subcutânea em bovinos. Dissertação (Mestrado). Programa de Mestrado Profissional em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.
- Owens, F. N., P. Dubeski, and C. F. Hanson. 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. *J Anim Sci*. 71:3138–3150. doi:10.2527/1993.71113138x.
- Schwartzkopf-Genswein, K., J. Ahola, L. Edwards-Callaway, D. Hale, and J. Paterson. 2016. SYMPOSIUM PAPER: Transportation issues affecting cattle well-being and considerations for the future. *Professional Animal Scientist*. 32:707–716. doi:10.15232/pas.2016-01517.

Valadares Filho, S. de C., L. F. Costa e Silva, M. P. Gionbelli, P. P. Rotta, M. I. Marcondes, M. L. Chizzotti, and L. F. Prados. 2016. Nutrient Requirements of Zebu and Crossbred Cattle - BR-CORTE. 3 rd. Suprema Gráfica Ltda.

CONCLUSÕES GERAIS

O cenário mundial de produção de carne vem sofrendo mudanças nos últimos tempos, sem dúvida, desencadeada pela mudança no perfil do consumidor, que tem se tornado mais exigente e seletivo. Isso pode ser atribuído ao acesso das mais diversas informações, tornando cada vez mais rápidas as respostas do consumidor às mudanças socioambientais, culturais, éticas e, acima de tudo, econômicas.

O novo panorama que vem se desenhando no Brasil indica superioridade aos sistemas produtivos com maior rotatividade, que acabam se tornando mais rentáveis e mais eficientes, nos quesitos quantidade e qualidade de carcaça e carne.

Resumidamente, pode-se dizer que a quantidade e a qualidade da carcaça e da carne dependem de fatores intrínsecos e extrínsecos, em unidade e suas interações. Os fatores intrínsecos mais importantes são a genética, a idade e a condição sexual. Dentre os fatores extrínsecos, destacam-se as condições de abate e os métodos de conservação.

Nesse trabalho, optamos por trabalhar em duas frentes principais. A primeira, avaliando a influência desses fatores sobre a qualidade da carne e da carcaça, com intuito de encontrarmos produtos de qualidade superior. E a segunda, na qual, obtivemos uma equação de predição de peso de carcaça e rendimento a partir de banco de dados, contrapondo o efeito desses fatores sobre o peso de carcaça.

Acreditamos que os esforços para se entender o impacto desses elementos sobre a carcaça e, principalmente, sobre a carne, devem ser constantes, uma vez que a cadeia produtiva é dinâmica. Dessa forma, embora a frase “mais estudos precisam ser realizados” pareça clichê, se encaixa perfeitamente e é o mais acertado para se criar uma pecuária cada vez mais produtiva, sustentável e lucrativa.