



Serviço Público Federal
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO

EXPLORAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE GORDURA INTRAMUSCULAR NO
MÚSCULO *LONGISSIMUS* E SUA ASSOCIAÇÃO COM A MESMA MEDIDA
PREDITA POR ULTRASSONOGRAFIA

Luana de Deco Marçal Cruz

CAMPO GRANDE, MS

2024

DECOL.	EXPLORAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE GORDURA INTRAMUSCULAR NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS</i> E SUA ASSOCIAÇÃO COM A MESMA MEDIDA PREDITA POR ULTRASSONOGRAFIA	2024
---------------	---	-------------

Luana de Deco Marçal Cruz

**EXPLORAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE GORDURA INTRAMUSCULAR NO
MÚSCULO *LONGISSIMUS* E SUA ASSOCIAÇÃO COM A MESMA MEDIDA
PREDITA POR ULTRASSONOGRRAFIA**

Exploration of intramuscular fat distribution in the *longissimus* muscle and its
association with the ultrasonography predictions

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato
Grosso do Sul, como requisito à
obtenção do título de Mestre em
Ciência Animal.

Área de concentração: Produção
Animal.

Orientadora: Prof^a. Dra. Marina
de Nadai Bonin Gomes

Co-orientador: Prof^o. Dr. Luis
Carlos Vínhas Ítavo

CAMPO GRANDE, MS

2024

DEDICATÓRIA

**EXPLORAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE GORDURA INTRAMUSCULAR NO
MÚSCULO *LONGISSIMUS* E SUA ASSOCIAÇÃO COM A MESMA MEDIDA
PREDITA POR ULTRASSONOGRAFIA**

Exploration of intramuscular fat distribution in the *longissimus* muscle and its
association with the ultrasonography predictions

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato
Grosso do Sul, como requisito à
obtenção do título de Mestre em
Ciência Animal.

Área de concentração: Produção
Animal.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado eletronicamente por **Marina de Nadai Bonin Gomes, Professora do Magistério Superior**, em 07/03/2024, às 13:06, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Prof^ª. Dra. Marina de Nadai Bonin Gomes
(UFMS) Presidente



Documento assinado eletronicamente por **LUCY MERY ANTONIA SURITA, Usuário Externo**, em 06/03/2024, às 10:26, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Dra. Lucy Mery Antonia Surita
(UFMS) Membro Titular

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Melissa Amin, Usuário Externo**, em 07/03/2024, às 17:13, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Dra. Melissa Amin
(UFMS) Membro Titular



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4703560** e o código CRC **AE9D6822**.

DEDICATORIA

Dedico esse trabalho principalmente ao Divino Pai Eterno e a Nossa Senhora Aparecida por sempre me abençoar, guiar, proteger e iluminar meu caminho. A minha mãe Maria Rita de Deco (in memoriam) e a toda a minha família, que sem elas nada disso seria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por me dar força para conduzir esta pesquisa e superar todos os obstáculos durante sua realização;

À toda minha família que me deram suporte, carinho e amor e não deixaram desistir, pois sem eles nada disso seria possível.

À minha orientadora Dra. Marina de Nadai Bonin Gomes, pela confiança, pelo apoio à minha formação científica e profissional, por toda paciência e parceria.

Ao meu coorientador Luiz Carlos Ítavo Vinhas pelo suporte, apoio e ensinamentos.

À Lucy Mery Surita pela amizade, paciência, por todo auxílio, suporte e apoio para realização deste trabalho

Aos meus amigos e companheiros de laboratório Jaqueline, Camila, Samara, Bruno, Larissa, Michele, Vinicius e Alyne, pela grande ajuda durante a realização do experimento e pelos momentos de amizade;

Aos meus amigos Caroline Ferreira, Vanessa Fé, Julia Bouffleur, Amanda Alice Lapa, pela amizade, compreensão e paciência;

Aos meus afilhados Mariah de Deco Souza Araújo, Davi de Deco Souza Araújo, Lara Helena Rangel Paulino e Luiza Rangel pelo perdão de estar ausente em alguns momentos;

À minha prima Thyara e Gediendson pelos conselhos, paciência e suporte;

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Código de Financiamento 001, pela concessão da bolsa de estudos.

RESUMO

DECO, L. Exploração da distribuição de gordura intramuscular no músculo *longissimus* e sua associação com a mesma medida predita por ultrassonografia. 2024. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2024.

A pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar o percentual de gordura intramuscular em diferentes pontos do músculo *longissimus* de bovinos da raça Nelore. Foram utilizados 40 bovinos Nelore, machos, inteiros, com idade média de 18 a 24 meses. A gordura intramuscular foi avaliada no *longissimus*, entre a 11^a e 13^a costelas, utilizando diferentes técnicas, sendo *in vivo* pela ultrassonografia (US), e *post mortem* pela avaliação visual (AV), extrato etéreo (EE) e escore visual de marmoreio (USDA). Para cada uma das avaliações, a área do músculo foi dividida em seis quadrantes, sendo dois proximais (P1 e P2), dois intermediários (I1 e I2) e dois distais (D1 e D2). Os dados foram avaliados utilizando procedimento de correlação de Pearson e comparação de médias, utilizando o teste de *Tukey* ao nível de 5% de significância. Foi realizado também o método de Componentes Principais (PCA) e Regressão de Quadrados Mínimos Parciais (PLSR), utilizando o software Unscabler®. Observou-se diferenças significativas ($P < 0.05$) em todas as análises de ultrassonografia com extrato etéreo e extrato etéreo com avaliação visual. A análise de componentes principais dos dados dos quadrantes de diferentes sítios anatômicos (11^a_12^a e 12^a_13^a) para a característica de EE, explicou 91% da variação total. As regressões dos valores de EE obtidos em diferentes camadas para estimativa do valor total de EE da amostra, observou valor de R^2 superior a 0,99, na calibração. As análises de PCA todas as técnicas utilizadas para a predição dos valores de EE nas diferentes camadas (P, I e D), entre a 11^a a 13^a costelas, as medidas por US foram as que mais se relacionaram aos valores de EE, obtendo 66% na variação dessa característica. Os valores de porcentagem de gordura intramuscular obtidos nas camadas do músculo *longissimus* entre a 11^a, 12^a e 13^a costelas como preditores da porcentagem de EE total no músculo, obteve coeficientes com maior peso nas equações de regressão, obtidas pelo método de PLSR foram aqueles obtidos a partir de medidas de US tomadas nas regiões intermediária e distal, tanto entre a 11^a e 12^a quanto entre a 12^a e 13^a costelas.

Palavras-chave: avaliação de carcaça *in vivo*, bovinos de corte, extrato etéreo, marmoreio

ABSTRACT

DECO, L. Exploration of intramuscular fat distribution in the *longissimus* muscle and its association with the ultrasonography predictions. 2024. Dissertation (Master's degree) - College of Veterinary Medicine and Animal Science, Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2024.

The research was carried out with the aim of assessing the percentage of intramuscular fat at different points in the longissimus muscle of Nelore cattle. Forty whole male Nelore cattle were used, with an average age of 18 to 24 months. Intramuscular fat was assessed in the longissimus, between the 11th and 13th ribs, using different techniques: in vivo ultrasound (US), and post-mortem visual assessment (VA), ether extract (EE) and visual marbling score (USDA). For each of the evaluations, the muscle area was divided into six quadrants, two proximal (P1 and P2), two intermediate (I1 and I2) and two distal (D1 and D2). The data was evaluated using Pearson's correlation procedure and comparison of means using Tukey's test at a 5% significance level. Principal Components Analysis (PCA) and Partial Least Squares Regression (PLSR) were also carried out using Unscrambler® software. There were significant differences ($P < 0.05$) in all the analyses of ultrasound with ether extract and ether extract with visual evaluation. Principal component analysis of quadrant data from different anatomical sites (11th-12th and 12th-13th) for the EE trait explained 91% of the total variation. The regressions of the EE values obtained in different layers to estimate the total EE value of the sample showed an R^2 value of over 0.99 in the calibration. The PCA analyses of all the techniques used to predict the EE values in the different layers (P, I and D), between the 11th and 13th ribs, the US measurements were the most closely related to the EE values, accounting for 66% of the variation in this characteristic. The intramuscular fat percentage values obtained in the layers of the longissimus muscle between the 11th, 12th and 13th ribs as predictors of the total EE percentage in the muscle, obtained coefficients with the greatest weight in the regression equations, obtained by the PLSR method were those obtained from US measurements taken in the middle and distal regions, both between the 11th and 12th and between the 12th and 13th ribs.

Keywords: in vivo carcass evaluation, beef cattle, ether extract, marbling

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Diferença de deposição de gordura intramuscular no contrafilé de Wagyu, Angus e Nelore.	21
Figura 2. Padrões de marmorização do sistema USDA.....	24
Figura 3 Locais das medidas de ultrassom.	28
Figura 4 Imagem de ultrassom coletada sobre o músculo longissimus entre 12 ^a e 13 ^a costelas, para avaliação da área de olho de lombo (AOL).	28
Figura 5 Imagem de ultrassom coletada sobre o músculo longissimus, entre a 12 ^a e 13 ^a costelas, para avaliação medida da espessura da gordura subcutânea.....	29
Figura 6 Imagem coletada sobre os músculos Gluteus medius e Bíceps femorais, para avaliação da espessura de gordura subcutânea sobre a picanha (EGP).	30
Figura 7 Imagem coletada sobre o músculo longissimus entre 11 ^a e 13 ^a costelas para avaliação da porcentagem de gordura intramuscular.	31
Figura 8. Modelo esquemático dos quadrantes para avaliação da ultrassonografia da distribuição da gordura intramuscular no músculo longissimus, entre a 11 ^a e 13 ^a costelas, onde cor azul representa região proximal (P1= entre 11 ^a a 12 ^a costela e P2= 12 ^a e 13 ^a costela); cor amarelo representa região intermediária (I1= entre 11 ^a a 12 ^a costela e I2= 12 ^a e 13 ^a costela) e cor verde região distal (D1= entre 11 ^a a 12 ^a costela e D2= 12 ^a e 13 ^a costela).....	48
Figura 9. Modelo esquemático dos quadrantes para a avaliação subjetiva gordura intramuscular no músculo longissimus, entre a 11 ^a e 13 ^a costelas.	50
Figura 10. Esquema da distribuição da gordura dentro dos quadrantes, com escores de 1 a 3, onde 1 = ausente, 2 = homogênea e 3 = aglomerados de gordura intramuscular, respectivamente.	50
Figura 11. Correlação entre o valor total de extrato etéreo (EE) daqueles obtidos entre as camadas próximas (PEE), intermediária (IEE) e distal (DEE) do músculo longissimus, entre 11 ^a e 12 ^a e a 12 ^a e 13 ^a costelas.	56
Figura 12. Valores preditos e referência de extrato etéreo (EE), obtidos com as equações de calibração, a partir dos valores de EE das camadas proximal, intermediária e distal do músculo Longissimus, entre a 11 ^a e 13 ^a costelas.	57
Figura 13. Correlação entre as estimativas da quantidade de gordura intramuscular obtidas pelas técnicas de ultrassom –(US), avaliação visual (VI), escala USDA Quality Grade	

(USDA), em diferentes camadas (proximal - P, intermediária – I, distal – D) do músculo longissimus, entre a 11 ^a , 12 ^a e 13 ^a costelas.....	58
Figura 14. Correlação entre as medidas da porcentagem de gordura intramuscular estimadas por ultrassom (US), nas camadas proximal (P), intermediária (I) e distal (D) do músculo longissimus, entre a 11 ^a , 12 ^a e 13 ^a costelas.	59
Figura 15. Coeficientes de regressão da equação para estimativa do valor total de extrato etéreo (EE), obtida a partir dos valores de porcentagem de gordura intramuscular, nas camadas proximal (P), intermediária (I) e distal (D) do músculo longissimus, entre a 11 ^a , 12 ^a e 13 ^a costelas, obtidos por ultrassonografia.....	60
Figura 16. Equação de regressão para predição dos valores de extrato etéreo (EE) a partir de valores de porcentagem de gordura intramuscular, nas camadas proximal (P), intermediária (I) e distal (D) do músculo longissimus, entre a 11 ^a , 12 ^a e 13 ^a costelas, obtidos por ultrassonografia.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição do banco de dados utilizado para as estimativas da gordura intramuscular mensurada por diferentes técnicas em três pontos distintos do longissimus (proximal, intermediária e distal), na região entre a 11 ^a a 12 ^a costela.....	53
Tabela 2. Descrição do banco de dados utilizado para as estimativas da gordura intramuscular, mensurada por diferentes técnicas em três pontos distintos (proximal, intermediário e distal) do longissimus, na região entre a 12 ^a a 13 ^a costela.	54
Tabela 3. Gordura intramuscular avaliadas em diferentes sítios anatômicos (11 ^a a 12 ^a e 12 ^a a 13 ^a) do longissimus por diferentes técnicas.....	55

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Crescimento e desenvolvimento dos animais	17
2.2 Desenvolvimento pré e pós-natal do tecido adiposo	18
2.3 Gordura intramuscular (GI) ou marmoreio (MAR)	19
2.3.1 A Raça	20
2.3.2 Idade	21
2.3.3 Sexo e condição sexual	22
2.3.4 Nutrição	22
2.4. Métodos para avaliação da gordura intramuscular	23
2.4.1 Marmoreio	23
2.4.2 Avaliações físico-químicas	24
2.4.2.1 Extrato Etéreo	24
2.4.2.2 NIRS	25
2.4.3 Ultrassom	26
2.4.3.1 Área de olho de lombo (AOL)	28
2.4.3.2 Espessura de gordura subcutânea (EGS)	29
2.4.3.3 Espessura de Gordura da Picanha	30
2.4.3.4 Porcentagem da Gordura Intramuscular	31
2.4.3 Vantagens da utilização da ultrassonografia	32
REFERÊNCIAS	33
3 HIPÓTESES	43
4 OBJETIVOS	43
4.1 Objetivo geral	43
4.2 Objetivos Específicos	43
5. Artigo – Exploração da distribuição de gordura intramuscular no músculo longissimus e sua associação com a mesma medida predita por ultrassonografia .	44
1 Introdução	46
2 Material e Métodos	47
2.1 Animais	47
2.2 Avaliação por ultrassonografia.	47
2.3 Abate dos animais	48
2.4 Distribuição da gordura intramuscular	49

2.5	<i>Determinação do extrato etéreo</i>	51
2.6	<i>Análise estatística</i>	51
3	Resultados	52
4	Discussão	61
5	Conclusão	63
6	Agradecimentos	64
7	Considerações finais	64
8	Referências	64

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de carne bovina do mundo, sendo o maior exportador de carnes em 2022 (Abiec, 2023). Com o aumento da produção, do consumo e da exigência de carne de melhor qualidade pelos consumidores, o setor da pecuária de corte objetiva aumentar seu desempenho com investimentos em melhorias na genética dos rebanhos, pastagens e formulação de dietas adequadas para o aumento da produtividade e da qualidade da carne (Cartaxo; Sousa, 2008; Ferreira et al., 2023).

No Brasil, até o momento, não há uma definição clara dos parâmetros de qualidade de carne preferidos pelos consumidores (Júnior, 2021). Entretanto, a produção de uma carne de qualidade pode ser associada a melhorias das características de carcaça como área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e marmoreio (Menezes et al., 2022).

A gordura intramuscular (GI) ou marmoreio é a gordura presente entre os feixes das fibras musculares, sendo importante que influencia positivamente a qualidade da carne (Liu et al., 2018). Em diversos países a GI tem se consagrado como um dos fatores mais importantes que determinam a qualidade da carne para os consumidores no momento da compra, por contribuir com as características sensoriais, principalmente sabor, maciez e suculência da carne (Amorim et al., 2023; Park et al., 2018).

A classificação da carcaça por escore de marmoreio por ser feita por avaliação visual ou análise química, entretanto, tem como desvantagem de o primeiro ser um método susceptível a erros do avaliador e o segundo uma técnica demorada, por necessitar de análises laboratoriais para a sua obtenção (Cheng et al., 2015). Com o objetivo de aperfeiçoar as avaliações e a eficiência da produção de carnes com melhor qualidade, o uso de técnicas como a ultrassonografia de carcaça (US) permite a obtenção de imagens digitais e informações gráficas para análise de marmoreio (Barbon, 2018; Cheng et al., 2015). Essa técnica possibilita a avaliação de características de carcaça em tempo real, sem a necessidade de abate dos animais ou atribuição de escores visuais, com boa precisão e a custos relativamente baixos (Sugisawa et al., 2013; Yokoo et al., 2008, 2010). Atualmente, a US é uma técnica utilizada nos programas de melhoramento genético das raças bovinas, para seleção de reprodutores e matrizes, com maior potencial para produção de carne de melhor qualidade (Hentz., 2022).

Dessa forma, é importante analisar o percentual de gordura intramuscular em diferentes pontos anatômicos do músculo *longissimus* permitindo assim, verificar o

35 percentual de GI em diferentes análises e conseqüentemente melhorar a estimativa da
36 percentagem por ultrassonografia.

37 Neste contexto, o objetivo foi avaliar o percentual de gordura intramuscular em
38 diferentes pontos anatômicos do *longissimus* (contrafilé) pós abate e sua associação com
39 percentagem de gordura intramuscular predita por ultrassonografia.

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Crescimento e desenvolvimento dos animais

Com a expansão do mercado e a necessidade de melhorar o rebanho, a pecuária de corte busca cada vez mais novos métodos de aperfeiçoar as características de interesse econômico, como as características de carcaça e qualidade da carne, através de estudos e pesquisas sobre a curva de crescimento e desenvolvimento dos indivíduos (Zancanaro, 2022).

A composição corporal em bovinos de corte é de grande importância em estudos que avaliam alimentos e o crescimento do animal, pois buscam determinar as exigências nutricionais dos animais e identificar os principais fatores que afetam a deposição dos tecidos corporais e, conseqüentemente, da carcaça (Bonilha et al., 2007; Hozáková et al., 2020).

O crescimento animal ocorre tanto pelo aumento do número de células (hiperplasia), iniciado desde o momento da concepção até o aumento de volume das células e tecidos, culminando no aumento de peso e tamanho dos animais, fatores esses diretamente influenciados pela genética, alimentação, sexo e idade dos animais (Dias; Menezes, 2016).

A curva típica de crescimento possui o formato sigmóide, em que no início o crescimento é lento, seguido por um período de aceleração até atingir o ponto máximo da taxa de crescimento, por volta da puberdade, seguida de uma fase de auto-desaceleração (Berg; Butterfield, 1976; Sainz et al., 2002).

As curvas de crescimento dos tecidos individualmente, por sua vez, possuem comportamento alométrico, ou seja, cada um tem um padrão de crescimento distinto, nas diversas fases da vida do animal, sendo o tecido nervoso o primeiro a se desenvolver, seguido pelo ósseo, muscular e por último adiposo (Mota et al., 2014; Yokoo et al., 2011).

O tecido muscular e adiposo são os principais tecidos componentes da porção comestível da carcaça, desta maneira, de maior importância na composição corporal dos animais de corte. O tecido muscular encerra seu crescimento próximo à vida adulta dos animais, onde ocorre a estabilização do crescimento das fibras musculares, intensificando a fase de deposição do tecido adiposo (Dias; Menezes, 2016). Desta forma, com o avanço da idade do animal, os animais tendem a apresentar maior porcentagem de gordura corporal, distribuídas em diferentes regiões do corpo do animal.

100 A gordura pode ser encontrada na cavidade abdominal e torácica (gordura interna),
101 entre os músculos (intermuscular), sob a pele (subcutânea) e entre as fibras musculares
102 (intramuscular) (Melo et al., 2016). A primeira é a de deposição mais precoce, seguida
103 pela intermuscular, subcutânea e intramuscular (Almeida et al., 2001; Yokoo et al., 2011).

104 A deposição de gordura no corpo do animal ocorre em função da adipogênese
105 (diferenciação das células adiposas) e a lipogênese (síntese de lipídeos). O processo de
106 diferenciação das células adiposas ocorre de forma mais intensa durante a fase fetal, com
107 início na metade da gestação (Fève, 2005), seguindo até a puberdade. Em bovinos, a
108 adipogênese, ocorre simultaneamente à miogênese secundária, uma vez que as células
109 tronco mesenquimais, que dão origem às fibras musculares, também podem sofrer
110 diferenciação em um grupo de células progenitoras fibro-adipogênicas, capazes de formar
111 adipócitos e fibroblastos (Joe et al., 2010).

112 Uma vez encerrado o processo de hiperplasia dos adipócitos, inicia-se a hipertrofia
113 das células deste tecido, ocorrendo, normalmente, após a puberdade do animal e ao longo
114 da vida do animal (Du et al., 2013; Júnior, 2021). Nesta fase, a composição energética
115 das dietas é de grande importância, onde quanto maior a densidade de energia líquida da
116 dieta, maior a hipertrofia dos adipócitos (Júnior, 2021).

117 A maciez da carne está diretamente ligada aos processos de adipogênese (formação
118 de células de gordura) e fibrogênese (formação de tecido conjuntivo) que irão acontecer
119 no final do estágio fetal e originados de um mesmo conjunto de células progenitoras.
120 Desta maneira, surge a oportunidade de realizar uma manipulação das células neste
121 período para favorecer o aumento de células de gordura intramuscular e diminuição de
122 fibroblastos e acúmulo de tecido conjuntivo, com efeitos diretos na maciez e qualidade
123 da carne (Du et al., 2013).

124

125 **2.2 Desenvolvimento pré e pós-natal do tecido adiposo**

126 O desenvolvimento do músculo esquelético acontece na fase pré-natal, mediante a
127 formação das fibras musculares (miogênese), com a formação dos adipócitos
128 (adipogêneses) e dos fibroblastos (fibrogênese). A adipogênese é desenvolvimento de
129 células troncos mesenquimais para adipócitos maduros, que envolve a determinação e
130 diferenciação celular, que se inicia em bovinos por volta da metade da gestação (Costa;
131 Du, 2021; Romao et al., 2012). As células tronco mesenquimais podem se desenvolver
132 em fibras musculares e também sofrer diferenciação em grupo de células progenitoras
133 fibro-adipogênicas que são capazes de formar adipócitos e fibroblastos maduros (Joe et

134 al., 2010). A fase inicial é denominada de determinação, em que as células tronco
135 mesenquimais se tornam pré adipócitos quando perdem a habilidade de se diferenciar em
136 outras linhagens mesenquimais, ficando “comprometidas” com a linhagem adipocitária.
137 A fase de diferenciação, os pre-adipocitos adquirem as características de adipócitos
138 maduros, acumulando gotas de gordura (Du et al. 2013).

139 A formação da gordura intramuscular ocorre, principalmente, durante a o final da
140 gestação ao período neonatal, com cerca de até 250 dias de idade (“janela de marmoreio”),
141 que tem como definição o período apropriado para o fornecimento de suplementação de
142 nutrientes para o bezerro, que pode contribuir para o aumento da gordura intramuscular,
143 sem aumentar o acúmulo de outros depósitos de gordura (Costa; Du, 2021)

144 Nesse sentido, para melhorar a deposição de gordura do marmoreio, sem aumentar
145 a deposição de gordura visceral e intermuscular, que em excesso causa prejuízos ao
146 produtor, o manejo nutricional será mais eficaz nos estágios iniciais do desenvolvimento
147 devido ao maior número de células multipotentes do músculo esquelético (Costa; Du,
148 2021; Du et.al., 2010).

149 **2.3 Gordura intramuscular (GI) ou marmoreio (MAR)**

150 O marmoreio representa a gordura intramuscular ou tecido adiposo visível
151 presente entre os feixes das fibras musculares, e está associada a importantes
152 características qualitativas da carne como suculência, sabor, palatabilidade e maciez,
153 além de sua aparência visual, fator que influencia a escolha pelos consumidores no ato
154 da compra (Gomes et al., 2021; Santos, 2020).

155 A GI expressa em porcentagem (%) é a última gordura a ser depositada na carcaça,
156 depois da deposição das gorduras subcutânea, intermuscular e visceral (Park et al.,
157 2018). Sua deposição aumenta com a idade do animal e ganho de peso em taxas
158 elevadas, porém é a primeira a ser utilizada pelo animal na falta de reservas energéticas
159 (Barbon, 2018).

160 A GI tem efeitos comprovados na maciez e suculência da carne, pois atua na
161 diminuição da tensão entre as camadas de tecido, uma vez que os lipídios propiciam maior
162 “lubrificação” das proteínas miofibrilares e provocam maior salivação nos consumidores,
163 atuando diretamente na suculência e maciez da carne (Alves et al., 2005). Para isso, um
164 nível mínimo de 2-2,5% de GI presente entre as fibras é necessário para uma desejável
165 qualidade no momento da ingestão (Horst et al., 2016; Špehar; Vincek; Žgur, 2008).

166 Diversos fatores podem influenciar a qualidade da carne como raça, idade, sexo,
167 manejo do animal, nutrição e ambiente (Philippe et al., 2020). Esses fatores isolados ou
168 em conjunto influenciam nas características de carcaça, composição química e perfil de
169 ácidos graxos, que definem a qualidade físico-química, tecnológica e sensorial da carne
170 (Philippe et al., 2020; Rotta et al., 2009).

171 **2.3.1 A Raça**

172 A genética pode influenciar a deposição da gordura intramuscular em função da
173 lipogênese e adipogênese que são reguladas por genes, sendo mais ou menos determinante
174 em algumas raças (Júnior, 2021).

175 A raça também está associada com o tamanho corporal do animal, sendo importante
176 para a estimativa da exigência energética e proteica (Júnior, 2021), principalmente
177 quando pretende-se ofertar uma dieta que favoreça a deposição de gordura na carcaça.

178 As raças influenciam no peso vivo, peso de carcaça quente, rendimento,
179 conformação e proporção de gordura na carcaça (Kawecki et al., 2020) e diferem umas
180 das outras na composição da gordura intramuscular (Sakowski et al., 2022). Em estudo
181 realizado por Dian et al., (2020) com animais Nelore, Aberdeen Angus e ½ Aberdeen
182 Angus x ½ Nelore, os animais Nelore apresentaram valores inferiores aos Aberdeen
183 Angus e ½ Aberdeen Angus x ½ Nelore quanto ao escore de marmoreio ($2,9\pm 0,3$,
184 $2,2\pm 0,6$, $1,1\pm 0,3$), resultado esperado, uma vez que, as médias de escore de marmoreio
185 das raças *Bos indicus* são menores que as das raças de origem britânica, mas semelhantes
186 da maioria das raças europeias continentais, sempre com uma mesma idade de abate ou
187 tempo de confinamento (Marshall, 1994).

188 A raça Wagyu, por exemplo, considerada uma raça tardia, possui alta deposição
189 de marmoreio na carcaça, resultando em carnes com uma melhor textura, suculência e a
190 palatabilidade, além de possuir um aroma inconfundível de aspecto doce e gorduroso
191 (Motoyama; Sasaki; Watanabe, 2016) quando comparada aos Nelore e Angus (Figura 1).

192

193

194

195

196

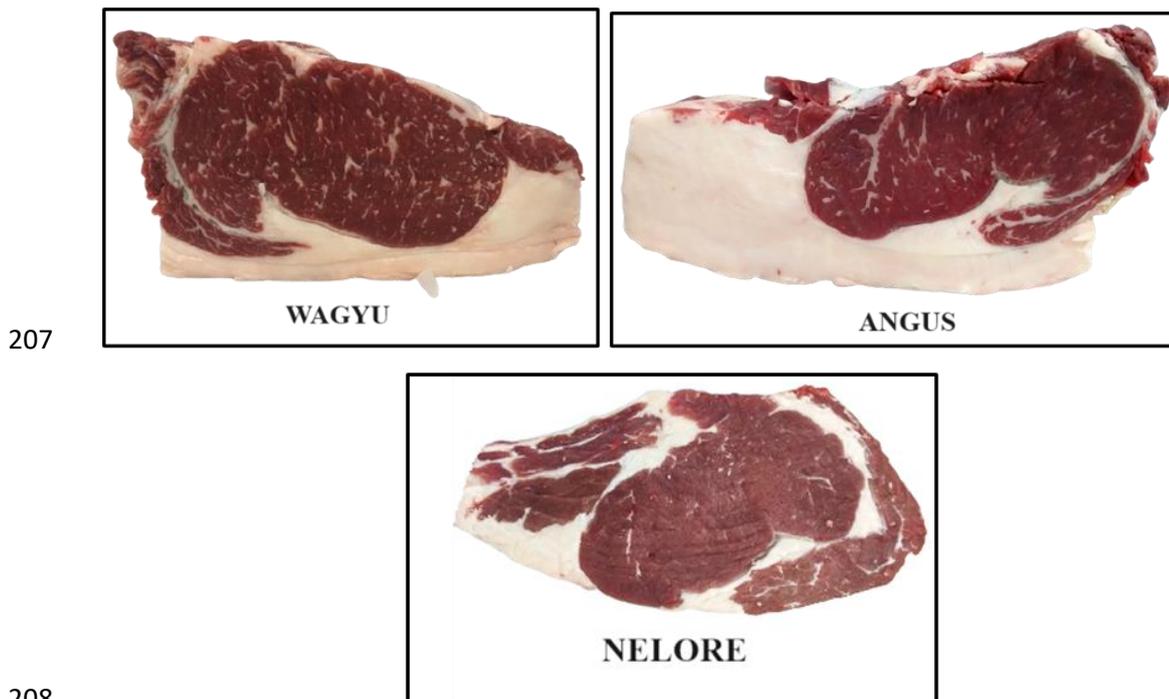
197

198

199

200
201
202
203
204

205 Figura 1. Diferença de deposição de gordura intramuscular no contrafilé de Wagyu,
206 Angus e Nelore.



208
209

Fonte: Lopes (2019); Rozales (2020).

210 2.3.2 Idade

211 A precocidade pode ser definida como a velocidade com que o animal atinge a
212 puberdade, momento em que interrompe o crescimento ósseo, diminui a taxa de
213 crescimento muscular e é intensificado o enchimento dos adipócitos, ocorrendo a maior
214 deposição de gordura na carcaça (Bridi, 2009).

215 Com o crescimento dos animais e à medida que se aproximam da maturidade, as
216 carcaças irão apresentar maior porcentagem de gordura e maior taxa de deposição de
217 marmoreio (Melo et al., 2016). Desta maneira, há também alteração na composição
218 química da carcaça, pois com o avançar da idade os conteúdos de água e proteína irão
219 diminuir, aumentando a proporção de lipídios (França et al., 2020).

220 Uma estratégia para estimular a deposição de gordura na carcaça e obter níveis
221 elevados de marmoreio é fornecer para o animal uma suplementação com nutrientes ou
222 compostos bioativos, desde o início da desmama até os 250 dias de idade, além do

223 fornecimento de grãos logo após o desmame do animal (Du et al., 2013; Pyatt et al., 2005;
224 Wertz et al., 2002).

225

226 **2.3.3 Sexo e condição sexual**

227 Os bovinos podem ser classificados de acordo com condição sexual (fêmeas,
228 machos inteiros e machos castrados) (Sainz; Rodrigues; Araujo, 2001). Em diversos
229 trabalhos têm-se demonstrado o efeito de sexo sobre característica de crescimento e de
230 carcaça de bovinos de corte, contribuindo para obter melhor eficiência e rentabilidade do
231 sistema de produção (Paulino, 2006; Paulino et al., 2009).

232 Animais castrados e as fêmeas apresentam desempenho inferior quando
233 comparados a bovinos inteiros (Filho et al., 2022). As fêmeas possuem um menor tempo
234 para depositar tecido adiposo em relação aos machos castrados, isso é, sob mesmas
235 condições de manejo e nutrição, a deposição de gordura acontece em menor tempo nas
236 fêmeas, seguido pelos machos castrados e por último machos inteiros (Teixeira, 2016).

237 A redução no ganho de peso em resposta a castração ocorre devido a antecipação
238 da maturidade fisiológica, com desaceleração na deposição de massa muscular e
239 acréscimo na taxa de deposição de gordura na carcaça (Owens, 1993). Os novilhos
240 produzem significativamente mais marmoreio e carne mais macia do que os touros. Os
241 machos bovinos têm mais tecido conjuntivo intramuscular do que as fêmeas (Sakowski
242 et al., 2022).

243

244 **2.3.4 Nutrição**

245 A nutrição dos animais na fase de terminação afeta a deposição de gordura na
246 carcaça, tanto a gordura subcutânea quanto intramuscular (Paulino; Duarte; Oliveira,
247 2013). Uma alimentação com menor quantidade de concentrados durante a fase de
248 engorda resultará em uma menor deposição de gordura, enquanto numa alimentação mais
249 energética há aumento da deposição de gordura promovendo a hipertrofia dos adipócitos
250 (Moletta et al., 2014).

251 Quanto mais energética a dieta fornecida aos animais, maiores são as taxas de
252 ganho de peso e elevada a deposição de gordura de acabamento e marmoreio, com
253 redução da idade de abate. Desta maneira, a utilização da suplementação pode ser uma
254 estratégia nutricional aplicada a fim de melhorar as características de carcaça dos bovinos,
255 proporcionando um maior acabamento e rendimento de carcaça (Dias et al., 2017).

256 O tecido adiposo subcutâneo para deposição de lipídios utiliza principalmente o
257 acetato, já o tecido adiposo intramuscular utiliza grandes proporções de glicose para a
258 síntese de ácido graxos (Gilbert et al., 2003). A glicose através da fermentação ruminal
259 digerida à maior produção de propionato, obtendo uma maior produção de glicose, sendo
260 assim uma dieta rica em amido de alta digestibilidade (milho e o sorgo) é desejável para
261 aumentar o marmoreio e qualidade da carne, sem aumentar a gorduras dos outros tecidos
262 (Nicacio et al., 2015; Oliveira et al., 2016; Silveira et al., 2021).

263

264 **2.4. Métodos para avaliação da gordura intramuscular**

265 **2.4.1 Marmoreio**

266 A gordura intramuscular é avaliada no músculo *Longissimus* entre a 12^a e a 13^a
267 costelas, local onde os adipócitos aparecem primeiro comparado com os demais
268 músculos da carcaça (Cianzio et al., 1985; Yokoo et al., 2011) podendo ser determinada
269 métodos subjetivos e objetivos, avaliados *in vivo* ou *post mortem*.

270 Em países como EUA, Austrália, Canadá e Japão, a avaliação subjetiva do
271 marmoreio é um dos principais componentes do sistema de classificação e remuneração
272 das carcaças (Yokoo et al., 2011). Para o mercado oriental e norte americano, uma carne
273 de qualidade deve apresentar respectivamente, no mínimo, 12% e 8% de gordura
274 intramuscular, já algumas partes do mercado Europeu, uma carne bovina de qualidade
275 deve conter menos que 3% de gordura intramuscular, isso porque, nesses países, há a
276 preferência por carnes com menor quantidade de gordura saturada possível (Yokoo et
277 al., 2011).

278 No Brasil a classificação por marmoreio não é regulamentada, porém há um
279 aumento da preocupação do consumidor brasileiro com a qualidade do produto e na
280 demanda por proteína de origem animal com maior valor agregado, sinalizando que a
281 avaliação da GI nas carcaças brasileiras deve ser considerada (Arboitte et al., 2012).

282 Dentre as avaliações subjetivas, os escores visuais de marmoreio, determinados a
283 partir de padrões fotográficos do USDA Quality Grade, (AMSA, 2001) (Figura 2), são os
284 mais comuns. Esta metodologia consiste na utilização fotos, com escalas de pontuação
285 específicas, as quais são comparadas ao corte na mesma posição anatômica na carcaça,
286 anotando-se a escala que maior se aproxima da distribuição de gordura intramuscular
287 observada. Este sistema é composto por nove escalas (Practically Devold, Traces, Slight,
288 Small, Modest, Moderate, Slightly Abundant, Moderately Abundant, Abundant),

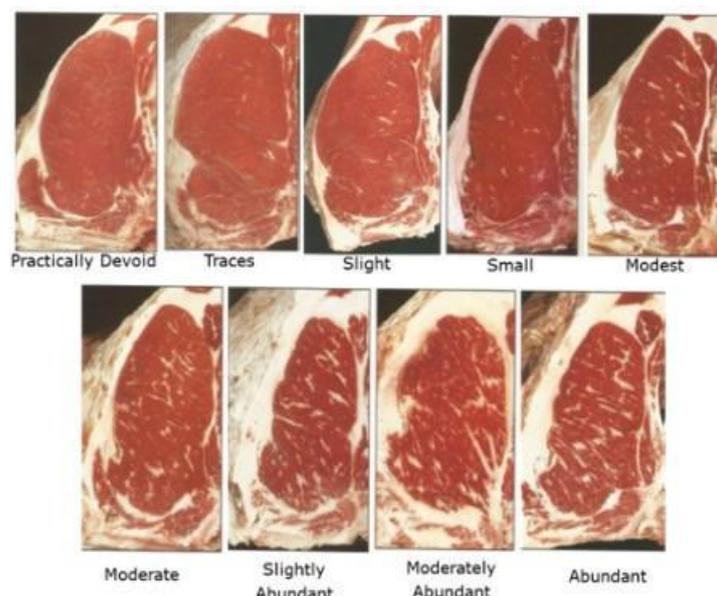
289 podendo ser sob divididas em subclasses de 10 pontos cada. Segundo Müller (1987), o
 290 marmoreio pode ser avaliado de acordo com a deposição da gordura intramuscular no
 291 músculo *longissimus* seguindo a escala de pontos, (1 a 3 = traços; 4 a 6 = leve; 7 a 9 =
 292 pequeno; 10 a 12 = médio; 13 a 15 = moderado; 16 a 18 = abundante).

293

294

295

Figura 2. Padrões de marmorização do sistema USDA.



296

297

Fonte: AMSA (2001).

298

299 2.4.2 Avaliações físico-químicas

300 2.4.2.1 Extrato Etéreo

301 Podemos avaliar a qualidade nutricional dos alimentos através da determinação da
 302 análise de composição química, sendo assim uma das análises mais utilizadas é a
 303 determinação de lipídeos (Galeriani; Cosmo, 2020; Gomes; Simeone, 2012). Os lipídios
 304 são compostos orgânicos energético que contêm ácidos graxos essenciais ao organismo e
 305 atuam como transportadores de vitaminas lipossolúveis, de um jeito mais simples,
 306 podemos dizer que gordura é definida como substância insolúvel em água, mas solúvel
 307 em compostos orgânicos (Gomes; Simeone, 2012; Medeiros; Gomes; Bungenstab, 2015).

308 A extração de extrato etéreo (EE) é determinada pela remoção com solventes,
 309 evaporação ou destilação do solvente. No final da extração é obtido um resíduo que não
 310 constituído apenas de lipídios, mas de diversos solventes extraídos (Zenebon et al., 2008).
 311 Sendo assim, o extrato etéreo é definido como a soma das substâncias extraídas pelo éter.

312 A quantidade de extrato etéreo no tecido muscular está relacionada com característica
313 de maciez, sabor, aroma e textura da carne, sendo que uma vez aumentada sua
314 concentração, ocorre diminuição nas proporções de umidade, proteína e minerais, estando
315 diretamente associado com a quantidade de gordura da carcaça (Abrahão et al., 2005;
316 Koohmaraie et al., 1996; Lawrie, 2004). Segundo Cecchi (2003), o conteúdo de gordura
317 da carne varia de 16 a 25%.

318 A metodologia existe dois tipos de extração, sendo com extração com solvente quente
319 e a outra extração com mistura de solvente a frio. O método por extrator de Soxhlet, foi
320 criado com a finalidade de extrair lipídeos utilizando material sólido. (Instituto Adolfo
321 Lutz, 2008; Zenebon et al., 2008). Ao final da extração reagente pode ser recuperado,
322 além de apresenta características por ser um processo intermitente; ser um extrator
323 com refluxo de solventes. Como desvantagem da metodologia o solvente sofre
324 saturação, a a extração contínua ser de longa espera (8 horas); além de realizar por vez
325 pequena quantidade de amostra (CLEEF et al.,2012; Instituto Adolfo Lutz, 2008;
326 Zenebon et al., 2008).

327 Outra metodologia utilizada é a metodologia ANKOM, em que utiliza o
328 equipamento da “ANKOM Technology® (Gomes; Simeone, 2012; Instituto Adolfo
329 Lutz, 2008; Lima, 2015). O tempo de extração para a realização da análise depende do
330 tipo de amostra, para análises realizada com tecido animal, por exemplo o tempo
331 necessário é apenas de 15 a 30 minutos. Outra vantagem da utilização dessa
332 metodologia é a realização de 12 a 15 amostras por vez, além da recuperação de grande
333 parte do solvente (Ankom, 2009, Instituto Adolfo Lutz, 2008).

334

335 **2.4.2.2 NIRS**

336 O NIRS foi descoberto em 1800 por Herschel, em que verificou que a dispersão de
337 ondas eletromagnéticas além da faixa visível do espectro poderia ser observada usando
338 uma série de termômetros com lâmpadas enegrecidas (Herschel, 1800). Mas só em 1996
339 que o NIRS foi utilizado em carne, quando Isaksson e colaboradores usaram um
340 instrumento transportador NIR localizado na saída do moedor de carne para prever o teor
341 de gordura, umidade e proteína da carne moída (Isaksson et al., 1996). Quando a carne é
342 irradiada, suas características especiais sofrem mudanças através de vários processos de
343 dispersão e absorção dependentes do comprimento de onda (Gagaoua et al., 2022).

344 O espectrômetro NIR ("Near Infrared Reflectance") é um equipamento de alta

345 precisão que realiza análises de alimentos utilizando a emissão de radiação
346 eletromagnética, que utiliza a radiação infravermelha para caracterizar substâncias
347 orgânicas com diferentes comprimentos de ondas (Filho, 2019; Salman et al., 2010).
348 Sendo assim, o aparelho avalia tanto de forma quantitativa como qualitativa os
349 componentes de um tecido biológico, em que a transmissão da luz na amostra depende da
350 combinação dos efeitos de reflexão, dispersão e absorção (Filho, 2019).

351 A Radiação infravermelha mede a absorção da radiação eletromagnética, incluindo
352 comprimentos de onda de 750 a 2.500 nm (Prieto et al., 2017; Sarkar et al., 2022). A
353 radiação é medida na amostra de alimento com espectrofotômetro, absorvida, refletida ou
354 transmitida e, portanto, cada fenômeno reflete as características dos alimentos (Sarkar et
355 al., 2022).

356 Alguns detectores ou câmaras de amostra são restritos em laboratórios, porém
357 alguns aparelhos foram desenvolvidos com menor custo, mais robusto e mais compacto,
358 sendo assim, estão sendo utilizados em instrumentos portáteis para avaliação da qualidade
359 da carne, gordura e produtos cárneos (Gagaoua et al., 2022).

360 As principais vantagens do NIRS são a velocidade com que pode ser aplicado e a
361 sua natureza não destrutiva, com simplicidade na preparação da amostra, permitindo uma
362 avaliação simultânea de inúmeras propriedades da carne (Gagaoua et al., 2022; Prieto et
363 al., 2017)

364

365 **2.4.3 Ultrassom**

366 A ultrassonografia em tempo real (US) vem se destacando como o método de
367 avaliação de carcaças e análises de características associadas à qualidade da carne, por
368 ser uma técnica não invasiva que possibilita a avaliação *in vivo* (Sugisawa et al., 2013;
369 Yokoo et al., 2005).

370 A US começou a ser utilizada em bovinos na década de 50 nos Estados Unidos,
371 pelo Dr. James Stouffer de Cornell University (Tarouco et al., 2005; Yokoo et al., 2011).
372 Em 1956, nos Estados Unidos, o ultrassom foi utilizado pela primeira vez para mensurar
373 a espessura do lombo em bovinos de corte. Enquanto isso, na Europa, na mesma época,
374 era realizado a avaliação da carcaça de suínos com o uso do ultrassom (Sales; Braga;
375 Filho, 2019). No Brasil os primeiros estudos realizados em bovinos de corte aconteceram
376 em animais da raça Nelore na década de 90, em uma prova de ganho de peso, mas só em
377 2000, em animais da raça Nelore, a ultrassonografia começou a ser utilizada nos
378 programas de melhoramento genético (Silva et al., 2017; Lôbo et al., 2004).

379 No período de surgimento do ultrassom os aparelhos eram primitivos, as medições
380 eram difíceis, e os resultados não muito alentadores (Faria, 2012). Essas máquinas
381 utilizavam transdutor modo A, em que a mensuração era realizada em apenas um ponto e
382 restrita a mensuração da espessura de gordura e da profundidade do músculo (Silva et al.,
383 2017). Após alguns anos, a tecnologia dos aparelhos melhorou com o surgimento de
384 múltiplos transdutores dispostos linearmente, aumentando assim a capacidade do
385 ultrassom – modo B (Sales; Braga; Filho, 2019).

386 Na década de 80, houve uma mudança considerável, com o surgimento do
387 ultrassom modo B em tempo real, no qual a geração e a recepção de sinais eram
388 realizadas com maior rapidez (Sotuffer, 1991). Atualmente, os equipamentos possuem
389 uma melhor tecnologia, porém o manuseio necessita ser realizado por profissionais
390 qualificados para a correta coleta e interpretação das imagens (Sainz; Rodrigues;
391 Araujo, 2001).

392 A utilização de ultrassonografia para a avaliação de carcaça consiste em ondas
393 sonoras de alta frequência (acima de 16.000 hertz), superando a capacidade auditiva
394 humana são produzidas em um transdutor por vibrações de cristais “piezoelétricos”, os
395 quais são transmitidos através dos tecidos até que atinjam alguma interface (Biscegli,
396 2003). Neste processo, algumas ondas mecânicas continuam penetrando nos tecidos
397 enquanto outras são convertidas em energia elétrica, a qual é processada pelo console e
398 apresentada bidimensionalmente e em tempo real na tela do ultrassom (Uchino, 1998).

399 As frequências utilizadas para a avaliação do animal *in vivo* são entre 1 a 10
400 megahertz (Mhz), sendo mais utilizadas as de 3 a 3,5 Mhz para a avaliação de carcaça,
401 permitindo a determinação quantitativa do músculo e tecido adiposo do animal (Yokoo
402 et al., 2011).

403 Com o aumento de interesse no valor qualitativo e quantitativo da carcaça e com o
404 avanço do melhoramento genético para essas características, a ultrassonografia está sendo
405 utilizada em diversos programas de melhoramento genético de ovinos, bovinos, suínos,
406 caprinos e aves (Marques, 2011).

407 Os programas de melhoramento genético da carcaça de bovinos de corte têm a
408 finalidade de melhorar os níveis de produção, produtividade e/ou qualidade do produto,
409 adequando-se às exigências do mercado, utilizando, para isso, medidas indicativas de
410 musculosidade, precocidade de acabamento e qualidade da carne, representadas,
411 respectivamente, pela área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea

412 (EGS) e na picanha (EGP) e porcentagem de gordura intramuscular (GI) (Faria, 2012;
413 Sainz; Araújo, 2002; Suguisawa; Matos; Suguisawa, 2013) (Figura 3).

414

415

416

417

418

419

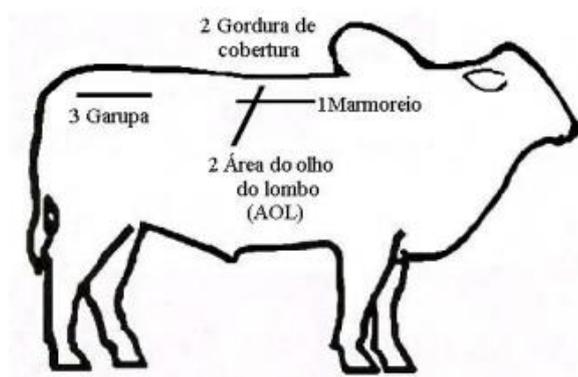
420

421

422

423

Figura 3 Locais das medidas de ultrassom.



424

425

Fonte: Sainz; Araujo (2002).

426

427 2.4.3.1 Área de olho de lombo (AOL)

428 A avaliação da AOL por ultrassonografia, é realizada na secção transversal do
429 músculo *Longissimus* entre as 12^a e 13^a costelas (contra-filé) (Figura 4), e expressa em
430 em cm², frequentemente utilizada como característica indicadora de musculosidade e
431 determinante na qualidade da carcaça e dos cortes cárneos nobres (Faria, 2012; Yokoo et
432 al., 2011). Animais que apresentam maior área de olho de lombo, em comparação com
433 seus pares, apresentam maior quantidade de músculos na carcaça (Bonin et al., 2014).

434

435 Figura 4 Imagem de ultrassom coletada sobre o músculo longissimus entre 12^a e 13^a
436 costelas, para avaliação da área de olho de lombo (AOL).



437

438

Fonte: Ferreira (2022).

439 **2.4.3.2 Espessura de gordura subcutânea (EGS)**

440 A EGS, expressa em milímetros (mm), é medida pelo ultrassom no músculo
441 *longissimus* na mesma região de avaliação da AOL, e é indicativo do grau de acabamento
442 da carcaça (Figura 5) (Sugisawa; Matos; Sugisawa, 2013).

443 Os frigoríficos exigem o mínimo três mm de EGS nos animais para o abate, pois o
444 acabamento funciona como um isolante térmico, diminuindo a velocidade de
445 resfriamento da carcaça, evitando o encurtamento das fibras e endurecimento causado
446 pelo resfriamento (Júnior, 2020; Santos et al., 2015).

447

448 Figura 5 Imagem de ultrassom coletada sobre o músculo longissimus, entre a 12^a e 13^a
449 costelas, para avaliação medida da espessura da gordura subcutânea.



450

451

Fonte: Ferreira (2022).

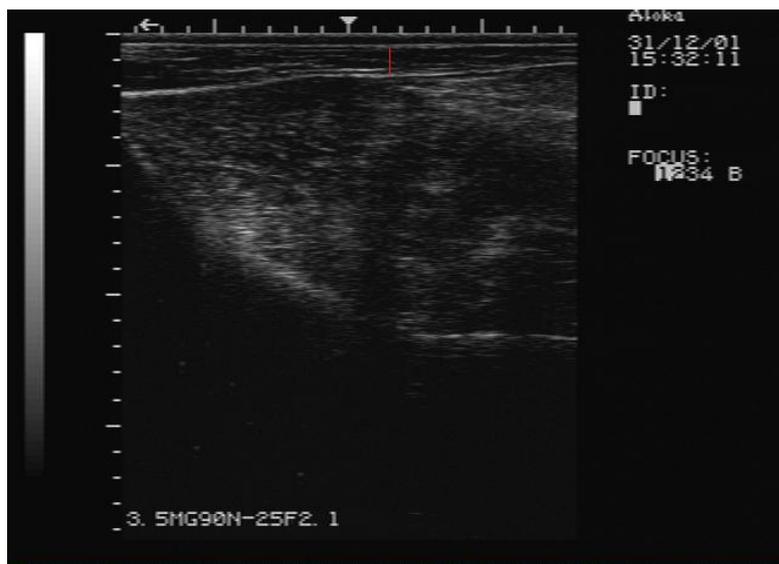
452

453 2.4.3.3 Espessura de Gordura da Picanha

454 A espessura de gordura na picanha (EGP) é uma medida complementar à EGS,
455 sendo depositada mais precocemente (Suguisawa; Matos; Suguisawa, 2013). A
456 mensuração dessa gordura é realizada na região entre o íleo e o ísquio, sobre os músculos
457 *Gluteos medius* e *Biceps femoris*, expressa em milímetros (Figura 6) (Santos; Santos,
458 2019; Suguisawa; Matos; Suguisawa, 2013).

459 Em um estudo realizado por Cardoso, (2013) correlacionando medidas de espessura
460 de gordura subcutânea tomadas na carcaça e por ultrassom com a espessura de gordura
461 na picanha realizada por ultrassonografia, obteve correlações de 0,57 e 0,55,
462 respectivamente, mostrando que são positivamente correlacionadas, sendo diretamente
463 proporcionais.

464 Figura 6 Imagem coletada sobre os músculos Gluteus medius e Bíceps femorais, para
465 avaliação da espessura de gordura subcutânea sobre a picanha (EGP).



466

467

468

Fonte: Ferreira (2022).

469 2.4.3.4 Porcentagem da Gordura Intramuscular

470 A porcentagem da gordura intramuscular (marmoreio) é determinada por pontos de
 471 gordura visíveis no músculo *longissimus* entre a 12^a e a 13^a costelas (Figura 7), sendo o
 472 resultado da média de até cinco imagens coletadas (Faria, 2012; Yokoo et al., 2011).

473

474 Figura 7 Imagem coletada sobre o músculo longissimus entre 11^a e 13^a costelas para
 475 avaliação da porcentagem de gordura intramuscular.



476

477

478

479

Fonte: Ferreira (2022).

480 **2.4.3 Vantagens da utilização da ultrassonografia**

481 A US de carcaça tem se mostrado uma técnica vantajosa para classificar os
482 parâmetros de qualidade da carcaça, por ser uma técnica não invasiva, rápida e não deixar
483 resíduos nocivos na carne dos animais, ademais, o valor da avaliação individual é inferior
484 ao custo do teste de progênie (Faria, 2012; Sainz; Yokoo et al., 2011).

485 O uso da técnica de US permite avaliar precocemente os animais para características
486 de carcaça, sem necessidade de abate dos mesmos, permitindo a avaliação precoce do
487 mérito genético do animal para atributos de carcaça (Faria, 2012; Sainz; Araujo, 2002).
488 Outra vantagem é que essa tecnologia permite repetir as avaliações em um mesmo animal,
489 seja para sanar dúvidas ou para o monitoramento do desenvolvimento corporal,
490 possibilitando uma redução significativa dos custos com a mão de obra e com a
491 depreciação da carcaça, além de auxiliar na seleção de animais geneticamente superiores
492 para fins de reprodução (Souza et al., 2016).

493 Ademais, a US possibilita avaliar a composição corporal, a qualidade e rendimento
494 da carcaça, a taxa de crescimento e determinar do momento ideal para realização do abate
495 dos animais, evitando gastos desnecessário com alimentação e manejo (Souza et al., 2016;
496 Yokoo et al., 2011).

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

511

REFERÊNCIAS

- 512
513
- 514 AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION – AMSA., **Handbook Meat**
515 **Evaluation**. Amin, V. An introduction to principles of ultrasound. [Ames]: Iowa
516 State University. StudyGuide. 2001
- 517 ABIEC. Perfil da Pecuária no Brasil. Em: **Beef Report**. Brazilian Beef ed. São Paulo
518 : Brazilian Beef, 2023. v. 1p. 1–14.
- 519 ABRAHÃO, J. J. DOS S. et al. Características de Carcaças e da Carne de Tourinhos
520 Submetidos a Dietas com Diferentes Níveis de Substituição do Milho por Resíduo
521 Úmido da Extração da Fécula de Mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34,
522 n. 5, p. 1640–1650, 18 maio 2005.
- 523 ALMEIDA, M. I. V. DE et al. Avaliação do Crescimento de Tecidos e Órgãos de
524 Novilhos Mestiços Holandês-Gir Durante o Ganho Compensatório. **Revista**
525 **Brasileira de Zootecnia** , p. 526–534, 2001.
- 526 ALVES, D. D.; GOES, R. H. DE T. E B.; MANCIO, A. B. Maciez da carne bovina.
527 **Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 3, p. 135–149, 2005.
- 528 AMORIM, S. S. DE et al. Aspectos qualitativos da carne bovina. **Brazilian Journal**
529 **of Science**, v. 2, n. 9, p. 1–12, 11 abr. 2023.
- 530 BARBON, A. P. A. DA C. **Avaliação do índice de marmoreiro e do tempo de**
531 **estocagem da carne com o uso da inteligência computacional**. Londrina :
532 Universidade Estadual de Londrina, 2018.
- 533 BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. **New Concepts of Cattle Growth**. John Wiley
534 & Sons, New York. 1976. 13-43p.
- 535 BISCEGLI, C. I. Conceitos de física do ultra-som. Em: BISCEGLI, C. I. (Ed.).
536 **Documentos** . Embrapa ed. São Carlos: Ministério da Agricultura, Pecuária e
537 Abastecimento, 2003. v. 8p. 1–19.
- 538 BONILHA, S. F. M. et al. Efeito da seleção para peso pós-desmame sobre a
539 composição corporal de bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n. 5, p. 1282–
540 1287, 2007.

- 541 BONIN, M. N. et al. Sire effects on carcass and meat quality traits of young Nellore
542 bulls. **Genetics and Molecular Research**, v. 13, n. 2, p. 3250–3264, 29 abr. 2014.
- 543 BRIDI, A. M. Fatores que afetam a qualidade e processamento dos produtos de
544 origem animal. p. 1–11, 2009. i
- 545 CARDOSO, L. L. **Estimativas do rendimento comercial de novilhas com a**
546 **utilização de ultrassom**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
547 2013.
- 548 CARTAXO, F. Q.; SOUSA, W. H. DE. Correlações entre as características obtidas
549 in vivo por ultra-som e as obtidas na carcaça de cordeiros terminados em
550 confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1490–1495, 2008.
- 551 CHENG, W. et al. Marbling Analysis for Evaluating Meat Quality: Methods and
552 Techniques. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 14, n.
553 5, p. 523–535, 1 set. 2015.
- 554 CECCHI, H. M. **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análise de Alimentos**.
555 Campinas: Ed. Unicamp, 1999. 212 p.
- 556 COSTA, T. C.; DU, M. **Programação fetal: estratégias para melhorar a**
557 **qualidade da carne em bovinos de corte**. Disponível em: <[https://angus.org.br/wp-](https://angus.org.br/wp-content/uploads/2021/02/artigo-info1.pdf)
558 [content/uploads/2021/02/artigo-info1.pdf](https://angus.org.br/wp-content/uploads/2021/02/artigo-info1.pdf)>. Acesso em: 11 nov. 2023.
- 559 CIANZIO, D. S. et al. Adipose tissue growth and cellularity: changes in bovine
560 adipocyte size and number. **Journal of Animal Science**, v. 4, p. 970–976, 1985.
- 561 DIAN, P. H. M. et al. Rendimentos de cortes comerciais em bovinos confinados de
562 diferentes grupos genéticos. **Ars Veterinaria**, v. 36, n. 3, p. 148, 26 set. 2020.
- 563 DIAS, A. M. O.; MENEZES, L. F. G. DE. **Técnicas de Manejo Agropecuário**
564 **Sustentável**. UTFPR ed. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná.,
565 2016. v. 1
- 566 DIAS, B. B. P. DE A. et al. Característica de carcaça de bovinos suplementados.
567 **Nutri Time**, v. 13, n. 4, p. 1–11, 2017.

- 568 DU, M. et al. Manipulating mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize
569 performance and carcass value of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 91, n.
570 3, p. 1419–1427, mar. 2013.
- 571 FARIA, M. H. DE. A ultrassonografia como critério de abate em bovinos de corte.
572 **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 1, 2012.
- 573 FÈVE, B. Adipogenesis: Cellular and molecular aspects. **Best Practice and**
574 **Research: Clinical Endocrinology and Metabolism**, v. 19, n. 4, p. 483–499, 2005.
- 575 FERREIRA, J. M. DE S. et al. Quality parameters evaluated in cattle meat: a review.
576 **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 6, n. 2, p. 1319–
577 1332, 16 maio 2023.
- 578 FILHO, A. B. **Aplicação da espectroscopia de reflectância no infravermelho**
579 **próximo (NIRS) na determinação do potencial bioquímico de metano - Revisão.**
580 Medianeira: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.
- 581 FILHO, C. D. DOS S. et al. A condição sexual influencia no desempenho e
582 rendimento de carcaça de bovinos cruzados angus x nelore? **Veterinária e**
583 **Zootecnia** , v. 29, p. 1–10, 2022.
- 584 FRANÇA, P. M. DE et al. Níveis de energia metabolizável na dieta de cordeiros
585 Santa Inês e sua influência na composição corporal e química da carcaça. **Revista**
586 **Agraria Academica**, v. 3, n. 3, p. 162–173, 1 maio 2020.
- 587 GAGAOUA, M. et al. **Current research and emerging tools to improve fresh red**
588 **meat quality. Irish Journal of Agricultural and Food Research** Compuscript Ltd,
589 , 2022.
- 590 GALERIANI, T.; COSMO, B. M. N. Métodos de determinação de extrato etéreo,
591 proteína bruta e fibra em detergente neutro. **Revista Agronomia Brasileira**, v. 4, n.
592 1, 2020.
- 593 GILBERT, C. D. et al. Carcass, sensory, and adipose tissue traits of Brangus steers
594 fed casein-formaldehyde-protected starch and/or canola lipid 1. **Journal Animal**
595 **Science**, v. 81, p. 2457–2468, 2003.
- 596 GOMES, M. DE N. B. et al. **Manual de avaliação de carcaças bovinas.** Disponível
597 em:

- 598 <<https://repositorio.ufms.br/bitstream/123456789/3865/6/MANUAL%20DE%20A>
599 [VALIA%c3%87%c3%83O%20DE%20CARCA%c3%87AS%20BOVINAS%20-](https://repositorio.ufms.br/bitstream/123456789/3865/6/MANUAL%20DE%20A)
600 [22-10.pdf](https://repositorio.ufms.br/bitstream/123456789/3865/6/MANUAL%20DE%20A)>. Acesso em: 11 jun. 2023.
- 601 GOMES, P. C.; SIMEONE, M. L. F. **Determinação rápida de extrato etéreo**
602 **utilizando extrator a alta temperatura**. Disponível em: <www.ial.sp.gov.br>.
- 603 HENTZ, P. C. et al. **Ultrassonografia na avaliação de carcaças de bovinos**. Anais
604 de Medicina Veterinária, UCEFF. **Anais...2022**.
- 605 HERSCHEL, W. **Experiments on the Refrangibility of the Invisible Rays of the**
606 **Sun**. [s.l.] Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1800. v. 90
- 607 HORST, E. H. et al. Aspectos que influenciam a maciez da carne de bovinos:
608 Revisão. **Pubvet**, v. 10, n. 10, p. 779–784, out. 2016.
- 609 HOZÁKOVÁ, K. et al. **Growth of beef cattle as prediction for meat production:**
610 **A review**. *Acta Fytotechnica et Zootechnica* Slovak University of Agriculture in
611 Nitra, , 2020.
- 612 INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de**
613 **alimentos**. 1ª ed. São Paulo: IAL, 2008. v. 4
- 614 ISAKSSON, T. et al. On-Line, Proximate Analysis of Ground Beef Directly at a
615 Meat Grinder Outlet. **Meat Science**, v. 43, n. 3–4, p. 245–253, 1996.
- 616 JOE, A. W. B. et al. Muscle injury activates resident fibro/adipogenic progenitors
617 that facilitate myogenesis. **Nature Cell Biology**, v. 12, n. 2, p. 153–163, fev. 2010.
- 618 JÚNIOR, É. M. **Fatores que afetam o marmoreio na carne bovina**. Ilha Solteira:
619 Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, 2021.
- 620 JÚNIOR, G. R. **Fatores que interferem na qualidade da carne bovina na**
621 **propriedade rural**. Goiânia: Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2020.
- 622 KAWECKI, K. et al. The impact of environmental factors on the occurrence of
623 DFD-type of beef in commercial abattoirs. **Emirates Journal of Food and**
624 **Agriculture**, v. 32, n. 7, p. 533–542, 2020.

- 625 KOOHMARAIE, M.; WHEELER, T.L.; SHOCKELFORD, S.D. Sampling,
626 cooking and coring effects on Warner-Bratzler shear force values in beef. **Journal**
627 **of Animal Science**, v.74, n.7, p.1553-1562, 1996.
- 628
- 629 LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 384p.
- 630 LIMA, L. B. DE. **Características bromatológicas de farinhas de origem animal**
631 **utilizadas em dietas para frangos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná ,
632 2015.
- 633 LIU, J. H. et al. Predicting pork loin intramuscular fat using computer vision system.
634 **Meat Science**, v. 143, p. 18–23, 1 set. 2018.
- 635 Lôbo, R.B. **Avaliação genética de touros e matrizes da raça Nelore: Sumário**
636 2004. Ribeirão Preto: GEMAC - Departamento de Genética - FMRP- USP, 2004.
637 122p
- 638 MARQUES, A. C. W. **Ultrassonografia para predição das características de**
639 **carcaça bovina**.
- 640 MARSHALL, D. M.. Breed differences and genetic parameters for body
641 composition traits in beef cattle. **Journal of Animal Science**, n. 72, p.2745-2755,
642 1994.
- 643 MEDEIROS, S. R. DE; GOMES, R. DA C. ;; BUNGENSTAB, D. J. **Valor**
644 **nutricional dos alimentos na nutrição de ruminantes e sua determinação**.
645 Disponível em:
646 <[https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120079/1/Nutricao-Animal-](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120079/1/Nutricao-Animal-CAPITULO-01.pdf)
647 [CAPITULO-01.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120079/1/Nutricao-Animal-CAPITULO-01.pdf)>. Acesso em: 24 dez. 2023.
- 648 MELO, A. F. et al. Fatores que influenciam na qualidade da carne bovina: Revisão.
649 **Pubvet**, v. 10, n. 10, out. 2016.
- 650 MENEZES, F. L. DE et al. Associações genéticas entre os critérios seletivos de
651 bovinos de corte. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p.
652 e280111436177, 26 out. 2022.

- 653 MOLETTA, J. L. et al. Feedlot performance of bulls and steers fed on three levels
654 of concentrate in the diets. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 36, n. 3, p. 323–
655 328, 2014.
- 656 MOTA, L. F. M. et al. **Estrutura corporal (Frame Size) e influencias no**
657 **desempenho produtivo de bovinos de corte**. DZO ed. Diamantina: Universidade
658 Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2014. v. 2
- 659 MOTOYAMA, M.; SASAKI, K.; WATANABE, A. Wagyu and the factors
660 contributing to its beef quality: A Japanese industry overview. **Meat Science**, v. 120,
661 p. 10–18, 1 out. 2016.
- 662 MULLER, L. **Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaças de**
663 **novilhos**. 2 ed. Santa Maria: UFSM, 31p. 1987.
- 664
- 665 NASERKHEIL, M. et al. Estimation of genetic parameters and correlation between
666 yearling ultrasound measurements and carcass traits in hanwoo cattle. **Animals**, v.
667 11, n. 5, 1 maio 2021.
- 668 NICACIO, A. C. et al. **Nutrição de bovinos de corte - Fundamentos e Aplicações**.
669 1. ed. Brasília: Embrapa, 2015. v. 1
- 670 OLIVEIRA, V. DA S. et al. Carboidratos fibrosos e não fibrosos na dieta de
671 ruminantes e seus efeitos sobre a microbiota ruminal. **Vet. Not**, v. 22, n. 2, p. 1–18,
672 2016.
- 673 OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factors that alter the growth and
674 development of ruminants. **Journal of Animal Science**, v.71, p. 31383150, 1993.
- 675 PARK, S. J. et al. Genetic, management, and nutritional factors affecting
676 intramuscular fat deposition in beef cattle - A review. **Asian-Australasian Journal**
677 **of Animal Sciences**, v. 31, n. 7, p. 1043–1061, 2018.
- 678
- 679 PAULINO, P. V. R. **Desempenho, composição corporal e exigências nutricionais**
680 **de bovinos nelore de diferentes classes sexuais**. Viçosa: Universidade Federal de
681 Viçosa, 2006.

- 682 PAULINO, P. V. R. et al. Revista Brasileira de Zootecnia Deposição de tecidos e
683 componentes químicos corporais em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais.
684 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 12, p. 2516–2524, 2009.
- 685 PAULINO, P. V. R.; DUARTE, M. S.; OLIVEIRA, I. M. DE. **Aspectos zootécnicos**
686 **determinantes da qualidade de carne**. II Simpósio Brasileiro de Produção de
687 Ruminantes. Itapetinga: 2013.
- 688 PHILIPPE, M. G. et al. Característica da carcaça e da carne de bovinos de corte
689 certificados. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 52942–52951, 2020.
- 690 POLIZEL NETO, A. et al. Correlações entre medidas ultra-sônicas e na carcaça de
691 bovinos terminados em pastagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção**
692 **Animal** [Online], v.10, n.1, p.137-145, 2009.
- 693
- 694 PRIETO, N. et al. **A Review of the Principles and Applications of Near-Infrared**
695 **Spectroscopy to Characterize Meat, Fat, and Meat Products**. **Applied**
696 **Spectroscopy**SAGE Publications Inc., , 1 jul. 2017.
- 697 PYATT, N. A. et al. Factors affecting carcass value and profitability in early-weaned
698 Simmental steers: I. Five-year average pricing. **Journal Animal. Science**, v. 83, p.
699 2918–2925, 2005.
- 700 ROMAO, J. M. et al. Altered microRNA expression in bovine subcutaneous and
701 visceral adipose tissues from cattle under different diet. **PLoS ONE**, v. 7, n. 7, 10
702 jul. 2012.
- 703 ROTTA, P. P. et al. The Effects of Genetic Groups, Nutrition, Finishing Systems
704 and Gender of Brazilian Cattle on Carcass Characteristics and Beef Composition and
705 Appearance: A Review. **Animal Science**, v. 22, n. 12, p. 1718–1734, 2009.
- 706 SAINZ, R. D. **Crescimento Animal. In: IV Treinamento de Ultrassonografia**
707 **para Avaliação de Carcaça Bovina**. CRTU-2011. Centro de Referência de
708 Tecnologia de Ultrassonografia AVAL SERVIÇOS TECNOLÓGICOS S/S, 2011.
709 24-31p.
- 710 SAINZ, R. D.; ARAUJO, F. R. DA C. **Uso de tecnologias de ultra-som no**
711 **melhoramento do produto final carne**. 5º Congresso Brasileiro das Raças
712 Zebuínas. Uberaba, MG.: 2002.

- 713 SAINZ, R. D.; RODRIGUES, F.; ARAUJO, C. Uso de tecnologias de ultra-som no
714 melhoramento do produto final carne. **Congresso Brasileiro das Raças Zebuínas**,
715 p. 1–8, 23 out. 2001.
- 716 SAKOWSKI, T. et al. Genetic and Environmental Determinants of Beef Quality—
717 A Review. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 9, n. February, p. 1–8, 2022.
- 718 SALES, R. DE O.; BRAGA, P. S.; FILHO, C. T. B. A importância da
719 ultrassonografia na Medicina Veterinária: Ensino. **Revista Brasileira de Higiene e**
720 **Sanidade Animal**, v. 13, n. 2, 2019.
- 721 SALMAN, A. K. D. et al. **Metodologias para avaliação de alimentos para**
722 **ruminantes domésticos**. 1ª ed. Porto Velho: Embrapa, 2010. v. 136
- 723 SANTOS, DOS M. **Estudo da característica físico-químicas do musculo peitoral**
724 **maior em frango do campo vs. industrial**. Évora: Universidade de Évora, 2020.
- 725 SANTOS, E. F. DOS; SANTOS, D. **Efeitos de fatores não genéticos sobre**
726 **características de carcaças obtidas por ultrassonografia em bovinos da raça**
727 **crioula lageana**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.
- 728 SANTOS, M. S. DOS et al. Qualidade da carne de bovinos terminados a pasto.
729 **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 18, n. 2, 11 nov.
730 2015.
- 731 SARKAR, T. et al. **A Review on the Commonly Used Methods for Analysis of**
732 **Physical Properties of Food Materials**. **Applied Sciences (Switzerland)MDPI**, ,
733 1 fev. 2022.
- 734 SILVA, M. J. F. B. DA et al. Avaliação de carcaça bovina: uma revisão sobre o uso
735 do ultrassom. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, v. 11, n. 4, p. 279–284, out. 2017.
- 736 SILVA, N. N. et al. **Perda de peso por cocção e marmoreio da carne ded**
737 **cordeiros alimentados com dietas contendo monensina sódica e/ou**
738 **virginiamicina**. 28º Congresso Brasileiro de Zootecnia. **Anais...**Goiânia: 2018.
- 739 SILVEIRA, L. G. G. et al. Sistemas de cria em áreas tropicais: desmama precoce.
740 Revisão de Literatura. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 15, n.
741 1, p. 1–14, 2021.

- 742 STOUFFER, J.R. 1991. “**Using Ultrasound to Objectively Evaluate Composition**
743 **and Quality Livestock.** 21st Century Concepts Important to Meat-Animal
744 Evaluation” – Wisconsin, pp. 49-54.
- 745 SOUZA, S. F. DE et al. Aplicação da ultrassonografia para avaliação de condição
746 corporal e acabamento de carcaça em pequenos ruminantes. **Ciência Veterinária**,
747 v. 19, n. 3, p. 1–9, 2016.
- 748 ŠPEHAR, M.; VINCEK, D.; ŽGUR, S. Beef Quality: Factors affecting tenderness
749 and marbling. **Pregledni članak**, v. 62, n. 6, p. 463–478, 2008.
- 750 SUGUISAWA, L.; MATOS, B. DA C. DE; SUGUISAWA, J. M. **Melhoramento**
751 **Genético - Aplicado em Gado de Corte PROGRAMA GENEPLUS.** 1. ed.
752 Brasília: Embrapa Gado de Corte, 2013. v. 1
- 753 TAROUCO, J. U. et al. Relação entre Medidas Ultra-Sônicas e Espessura de
754 Gordura Subcutânea ou Área de Olho de Lombo na Carcaça em Bovinos de Corte.
755 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2074–2084, 2005.
- 756 TEIXEIRA, S. DE O. **Terminação de bovinos aos 18 meses com diferentes**
757 **condições sexuais suplementados em pastagem de aruana.** Santa Maria:
758 Universidade Federal de Santa Maria, 22 fev. 2016.
- 759 UCHINO, K. Piezoelectric ultrasonic motors: overview. **Smart Materials and**
760 **Structures**, Bristol, v. 7, n. 3, p. 273–285, June 1998.
- 761 WERTZ, A. E. et al. Early-weaning and postweaning nutritional management affect
762 feedlot performance, carcass merit, and the relationship of 12th-rib fat, marbling
763 score, and feed efficiency among Angus and Wagyu heifers. **Journal Animal**
764 **Science**, v. 80, p. 28–37, 2002.
- 765 YOKOO, M. et al. **Avaliação Genética de Características de Carcaça Utilizando**
766 **a Técnica do Ultrassom em Bovinos de Corte.** Embrapa ed. Bagé: Embrapa, 2011.
767 v. 1
- 768 YOKOO, M. J. et al. Genetic and environmental factors affecting ultrasound
769 measures of longissimus muscle area and backfat thickness in Nelore cattle.
770 **Livestock Science**, v. 117, n. 2–3, p. 147–154, set. 2008.

771 YOKOO, M. J. et al. Genetic associations between carcass traits measured by real-
772 time ultrasound and scrotal circumference and growth traits in Nelore cattle. **Journal**
773 **of Animal Science**, v. 88, n. 1, p. 52–58, jan. 2010.

774 YOKOO, M. J. I. et al. Fatores genéticos e ambientais que afetam as características
775 da área de olho de lombo e a espessura de gordura medidas por ultra-sonografia em
776 bovinos da raça nelore (“Bos indicus”). **42º Reunião Anual da Sociedade**
777 **Brasileira de Zootecnia**, p. 1–5, 25 jul. 2005.

778 ZANCANARO, É. R. **Análise de dados com medidas de ultrassonográficas**
779 **repetidas em bovinos de corte**. Dourados: Universidade Federal da Grande
780 Dourados, 2022.

781 ZENEON, O.; PASCUET, N.S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para**
782 **análise de alimentos**. 4.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

783

784

785

786

787

788

789

790

791

792

793

794

795

796

797 **3 HIPÓTESES**
798

799 • A deposição de gordura intramuscular não é homogênea em diferentes
800 camadas e pontos anatômicos do músculo *longissimus*;

801 • Há correlação entre os valores de gordura intramuscular estimados por
802 ultrassonografia, extrato etéreo e escores de avaliação visual

803 • Algumas regiões do músculo *longissimus* são mais representativas
804 da deposição de gordura intramuscular do que outras

805

806 **4 OBJETIVOS**

807

808 **4.1 Objetivo geral**
809

810 Avaliar o percentual e distribuição de gordura intramuscular em diferentes
811 pontos anatômicos do *longissimus* (contrafilé) de bovinos da raça Nelore e sua
812 associação com porcentagem de gordura intramuscular predita por ultrassonografia.

813

814 **4.2 Objetivos Específicos**
815

816 - Avaliar a porcentagem de gordura intramuscular por análise visual, de
817 extrato etéreo e ultrassonografia;

818 - Avaliar as estimativas da porcentagem de gordura intramuscular *in vivo*,
819 por ultrassonografia, pelo estudo dos pontos anatômicos que melhor
820 estimem a porcentagem de gordura intramuscular.

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830 **5. Artigo – Exploração da distribuição de gordura intramuscular no músculo**
831 ***longissimus* e sua associação com a mesma medida predita por ultrassonografia**
832

833

834

835

836

837

838

839

840

841

842

843

844

845 **Artigo científico escrito com base nas normas para publicação do periódico**
846 ***Meat Science* (ANEXO A), exceto o idioma.**

847

848

849

850

851

852

853

854

855

856

857

858

859

860 **Exploração da distribuição de gordura intramuscular no músculo *longissimus***
861 **e sua associação com a porcentagem de gordura intramuscular predita por**
862 **ultrassonografia.**

863
864 A pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar o percentual de gordura
865 intramuscular em diferentes pontos do músculo longissimus de bovinos da raça
866 Nelore. Foram utilizados 40 bovinos Nelore, machos, inteiros, com idade média de
867 18 a 24 meses. A gordura intramuscular foi avaliada no *longissimus*, entre a 11^a e
868 13^a costelas, utilizando diferentes técnicas, sendo *in vivo* pela ultrassonografia (US),
869 e *post mortem* pela avaliação visual (AV), extrato etéreo (EE) e escore visual de
870 marmoreio (USDA). Para cada uma das avaliações, a área do músculo foi dividida
871 em seis quadrantes, sendo dois proximais (P1 e P2), dois intermediários (I1 e I2) e
872 dois distais (D1 e D2). Os dados foram avaliados utilizando procedimento de
873 correlação de Pearson e comparação de médias, utilizando o teste de *Tukey* ao nível
874 de 5% de significância. Foi realizado também o método de Componentes Principais
875 (PCA) e Regressão de Quadrados Mínimos Parciais (PLSR), utilizando o software
876 Unscabler®. Observou-se diferenças significativas ($P < 0.05$) em todas as análises
877 de ultrassonografia com extrato etéreo e extrato etéreo com avaliação visual. A
878 análise de componentes principais dos dados dos quadrantes de diferentes sítios
879 anatômicos (11^a_12^a e 12^a_13^a) para a característica de EE, explicou 91% da
880 variação total. As regressões dos valores de EE obtidos em diferentes camadas para
881 estimativa do valor total de EE da amostra, observou valor de R^2 superior a 0,99, na
882 calibração. As análises de PCA todas as técnicas utilizadas para a predição dos
883 valores de EE nas diferentes camadas (P, I e D), entre a 11^a a 13^a costelas, as medidas
884 por US foram as que mais se relacionaram aos valores de EE, obtendo 66% na
885 variação dessa característica. Os valores de porcentagem de gordura intramuscular
886 obtidos nas camadas do músculo longissimus entre a 11^a, 12^a e 13^a costelas como
887 preditores da porcentagem de EE total no músculo, obteve coeficientes com maior
888 peso nas equações de regressão, obtidas pelo método de PLSR foram aqueles obtidos
889 a partir de medidas de US tomadas nas regiões intermediária e distal, tanto entre a
890 11^a e 12^a quanto entre a 12^a e 13^a costelas.

891

892 Palavras-chave: avaliação de carcaça *in vivo*, bovinos de corte, extrato etéreo,
893 marmoreio

894 **1 Introdução**

895 O mercado consumidor de carne bovina apresenta-se cada vez mais exigente
896 quanto a qualidade dos produtos (Philippe et al., 2020; Silva et al., 2017). Essa
897 demanda vem impulsionando o setor produtivo a buscar melhorias na qualidade,
898 principalmente em termos de genética e alimentação dos animais, para que atinjam
899 os padrões de qualidade desejados pelo consumidor, com maior eficiência e em
900 menor tempo possível.

901 A gordura intramuscular (GI) ou marmoreio é aquela que se acumula entre os
902 feixes de fibras musculares e tem influência direta nas características sensoriais,
903 principalmente no sabor, maciez e suculência da carne (Barbon, 2018; Nguyen et al.,
904 2021; Silva et al., 2018). Em diversos países, a GI tem se consagrado como um dos
905 fatores mais importantes de qualidade da carne para os consumidores no momento
906 da compra (Amorim et al., 2023; Park et al., 2018; Silva et al., 2018), sinalizando
907 para a cadeia produtiva que a seleção de animais com maior potencial para produção
908 de carne de melhor qualidade deva ser priorizada em programas de melhoramento
909 genético de gado de corte (Hentz et al., 2022).

910 Até o momento, a avaliação visual por padrões fotográficos é o método mais
911 utilizado para avaliação da gordura intramuscular, porém apresenta limitações por
912 ser uma análise subjetiva, sujeito a erros de avaliação pelo observador (Barbon,
913 2018; Monteiro; Santos, 2019). A quantificação química da GI a partir da extração
914 com solventes, como nas análises de extrato etéreo (EE), apresentam-se como
915 alternativas mais precisas para este tipo de avaliação, sendo utilizadas em muitos
916 estudos sobre carnes como método referência para calibração de equipamentos e
917 treinamento de algoritmos para predição da porcentagem de GI na carne bovina
918 (Zenebon et al., 2008).

919 A ultrassonografia de carcaças (US) é uma técnica consolidada e amplamente
920 utilizada em programas de melhoramento genético das raças bovinas para a coleta
921 de fenótipos associados musculosidade, precocidade de acabamento e qualidade da
922 carne (Faria, 2012; Hentz et al., 2022; Sainz; Rodrigues; Araujo, 2001; Suguisawa;
923 Matos; Suguisawa, 2013). As avaliações da porcentagem de gordura intramuscular
924 por essa técnica são realizadas utilizando-se softwares equipados com algoritmos de
925 processamento de imagens, que realizem a segmentação e identificação da gordura
926 intramuscular a partir de imagens de ultrassonografia para estimar a porcentagem de
927 gordura intramuscular. Esses algoritmos devem ser treinados com referências mais

928 amplas possíveis, a fim de aumentar sua a precisão e capacidade preditiva,
929 principalmente para animais com baixa deposição de gordura intramuscular, como
930 bovinos zebuínos, como os Nelore.

931 O objetivo do estudo foi avaliar o percentual e distribuição da gordura
932 intramuscular em diferentes pontos anatômicos do *longissimus* (contrafilé) de
933 bovinos da raça Nelore e sua associação com porcentagem de gordura intramuscular
934 predita por ultrassonografia.

935

936 **2 Material e Métodos**

937 *2.1 Animais*

938 Todos os procedimentos foram aprovados pelos Comitês de Ética no Uso de
939 Animais (CEUA) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul sob (protocolo nº
940 1181/2021) e da Universidade Federal de Goiás (CEUA nº061/2022).

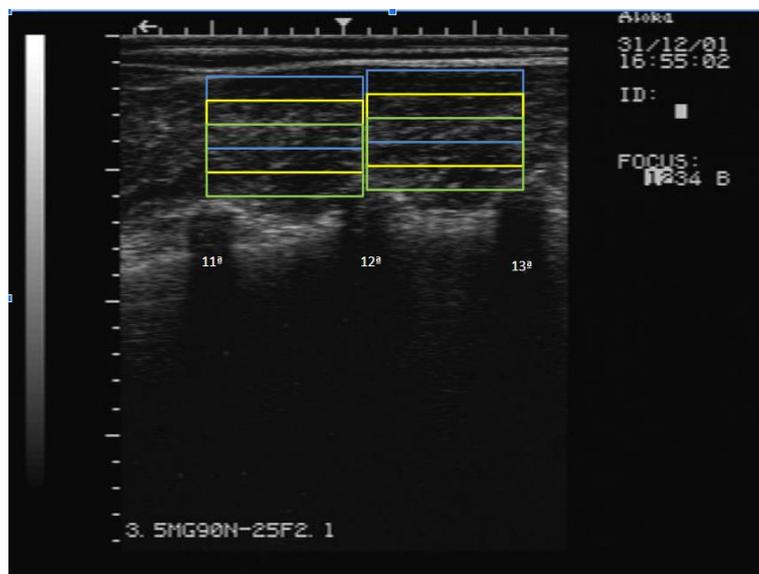
941 O experimento foi conduzido utilizando 40 bovinos machos não castrados da
942 raça Nelore, com idades entre 18 e 24 meses, provenientes da Universidade Federal
943 de Mato Grosso do Sul e da Universidade Federal de Goiás. Da primeira foram
944 utilizados 20 bovinos com peso médio de $496,2 \pm 39,54$ kg, mantidos durante a
945 seca, na fase de recria, em pastagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha*
946 *Stapf*) sob lotação contínua e suplementação mineral e depois terminados em
947 confinamento localizados na fazenda escola da Universidade Federal do Mato
948 Grosso do Sul, município de Terenos-MS. Da segunda, foram utilizados 20 bovinos
949 com peso médio de $496,43 \pm 34,66$ kg criados na fazenda experimental Tomé Pinto,
950 em Goiânia, Goiás. Os animais foram mantidos em pastagem de *Brachiaria*
951 *brizantha* cv. *Marandu* e receberam suplementação comercial de acordo com as
952 épocas do ano (seca e águas).

953

954 *2.2 Avaliação por ultrassonografia.*

955 As imagens ultrassonográficas foram realizadas no dia anterior ao abate,
956 utilizando equipamento marca Aloka SSD 500, equipado com transdutor linear de
957 17,2 cm e frequência de 3,5 MHz. Foram coletadas cinco imagens do músculo
958 *longissimus* entre a 11^a e 13^a costelas (contrafilé) para a avaliação da gordura
959 intramuscular (GI). Na interpretação das imagens foi utilizado o software UICS
960 (UGC, 2012).

961 As imagens foram avaliadas conforme distribuição da gordura, em seis
 962 quadrantes, distribuídos nos pontos proximais (P1 e P2, em azul), intermediárias (I1
 963 e I2, em amarelo) e distais (D1 e D2, em verde) da imagem (Figura 8).



964

965 Figura 8. Modelo esquemático dos quadrantes para avaliação da ultrassonografia da
 966 distribuição da gordura intramuscular no músculo longissimus, entre a 11ª e 13ª
 967 costelas, onde cor azul representa região proximal (P1= entre 11ª a 12ª costela
 968 costela e P2= 12ª e 13ª costela); cor amarelo representa região intermediária (I1=
 969 entre 11ª a 12ª costela e I2= 12ª e 13ª costela) e cor verde região distal (D1= entre
 970 11ª a 12ª costela e D2= 12ª e 13ª costela).

971 2.3 Abate dos animais

972 Os animais foram abatidos em frigoríficos comerciais e seguidos os preceitos
 973 de bem-estar e abate humanitário, sob fiscalização oficial do Serviço de Inspeção
 974 Federal, regulamentado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
 975 (MAPA) (Brasil, 2017). O abate dos animais pertencentes a Universidade Federal
 976 de Goiás foi realizado no frigorífico Beauvallet, localizado na cidade de Inhumas,
 977 Goiás, e daqueles pertencentes a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, no
 978 frigorífico Naturafriq, localizado na cidade de Rochedo, Mato Grosso do Sul.

979 Durante o processo de abate, as carcaças foram divididas em duas meias bandas e
980 encaminhadas para o processo de resfriamento sob temperatura de 2°C por 24 horas.
981 Após o resfriamento, as carcaças foram divididas em quartos traseiros e dianteiros
982 entre a 5ª e 6ª costelas. Por conseguinte, o quarto traseiro foi serrado entre a 11ª e
983 13ª costelas para retirada das amostras utilizadas para as avaliações visuais e
984 químicas do marmoreio.

985

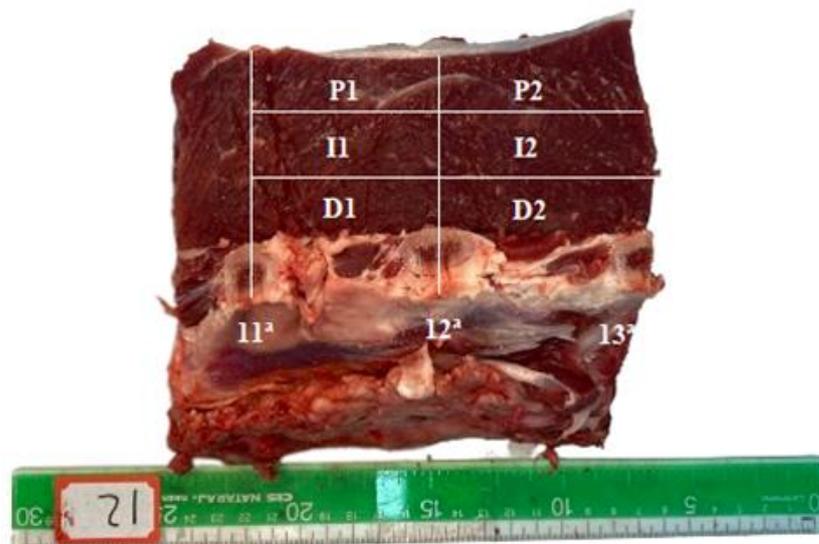
986 2.4 Distribuição da gordura intramuscular por escores visuais

987 As avaliações da gordura intramuscular por escores visuais foram realizadas
988 a partir de imagens coletadas do músculo Longissimus, entre a 11ª e 13ª costelas, no
989 Laboratório de Processamento e Qualidade de Carnes – Qualicarnes, da
990 Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Para isso, as amostras foram expostas
991 ao ambiente para oxigenação e *blooming*, durante 20 minutos. Após esse período, de
992 cada amostras foram coletadas 10 imagens utilizando um aparelho celular
993 smartphone da marca Xiaomi, modelo Xiaomi MI11T Pro (2107113SG). Para ajuste
994 de foco e iluminação durante a coleta foi utilizado um *ring light* de 80w de potência,
995 contendo 448 led bicolor, de 19 polegadas (48 cm), e 4900 lumens na escala máxima
996 da luz amarela disponível no dispositivo. O equipamento foi posicionado em um
997 tripé de 2 metros de altura e ângulo de 180°.

998 Para cada imagem coletada foi aferido imediatamente antes o foco e o
999 enquadramento das peças no dispositivo, para certificação de uma coleta com alta
1000 qualidade. Todas as imagens coletadas, foram padronizadas para as dimensões
1001 (resolução) de 1800 x 4000 pixels e 72 Megapixel.

1002 As imagens foram avaliadas separadamente nos pontos P1, P2, I1, I2, D1
1003 E D2 (Figura 9), primeiro realizando-se a avaliação visual da distribuição da GI no
1004 quadrante (PAV11ª_12ª, IAV11ª_12ª, DAV11ª_12ª, PAV12ª_13ª, IAV12ª_13ª,
1005 DAV12ª_13ª, AV) atribuindo os escores de 1 a 3 para distribuição de gordura em
1006 cada ponto, sendo 1 o escore de gordura ausente, 2 o escore para gordura
1007 homogeneamente distribuída e 3 o escores para depósitos de gordura concentrados
1008 em pontos específicos do quadrante, como laterais e centro (Figura 10).

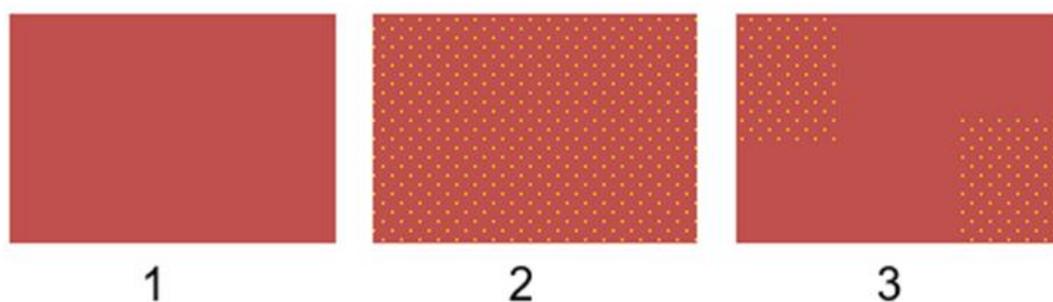
1009



1010

1011

1012 Figura 9. Modelo esquemático dos quadrantes para a avaliação subjetiva de gordura

1013 intramuscular no músculo *longissimus*, entre a 11ª e 13ª costelas.

1014

1015 Figura 10. Esquema da distribuição da gordura dentro dos quadrantes, com escores

1016 de 1 a 3, onde 1 = ausente, 2 = homogênea e 3 = aglomerados de gordura

1017 intramuscular, respectivamente.

1018

1019

1020 Utilizou-se também metodologia proposta pelo United States Departamento of

1021 Agriculture – USDA Quality Grade (AMSA, 2001) para avaliação do marmoreio

1022 (USDA), seguindo a ordem crescente das classes: *Practically Devoid*, *Traces*, *Slight*,1023 *Small*, *Modest*, *Moderate*, *Slightly Abundant*, *Moderately Abundant*, *Abundant*.

1024 Cada uma das classe foi subdividida em três subclasses (-, 0 e +), posteriormente

1025 numeradas sequencialmente de 1 a 18, sendo os valores de 1 a 3 correspondentes a

1026 menor classe de marmoreio (*Practically Devoid*) e os valores de 16 a 181027 correspondentes a menor classe de marmoreio (*Abundant*).

1028 Os escores visuais de distribuição da GI foram utilizadas para comparação com
 1029 os valores de GI em cada quadrante das imagens coletadas por ultrassom, com o
 1030 objetivo de testar a sensibilidade de duas técnicas em detectar as regiões do músculo
 1031 com maior representatividade na distribuição de gordura, servindo como base para
 1032 ferramentas de avaliação da GI no *longissimus* de bovinos.

1033

1034 2.5 Determinação do extrato etéreo

1035 Amostras de cada quadrante, entre a 11^a a 13^a costelas, foram coletadas
 1036 (Figura 2) para as determinações químicas da GI, pelo método de extração com
 1037 éter (PEE11^a_12^a, IEE11^a_12^a, DEE11^a_12^a, PEE12^a_13^a, IEE12^a_13^a,
 1038 DEE12^a_13^a,EE), utilizando o método AOCS Am 5-04 (2017) com equipamento
 1039 Ankom XT14 Extractor, Ankom Technology, Macedon, USA.

1040 Inicialmente removeu-se todo tecido conjuntivo aparente e a gordura
 1041 subcutânea, para então realizar a moagem das amostras utilizando um processador
 1042 marca Philips Walita modelo PowerChop 600w. Posteriormente, foram pesados 2 g
 1043 da amostra moída, em duplicatas, e colocadas em bag previamente pesados e
 1044 numerados. Os bags foram selados e colocados na estufa durante 12 horas em
 1045 temperatura de 105°C. Após esse período, foram colocados por 30 minutos no
 1046 dessecador para posterior pesagem. Para a extração, os bags foram colocados no
 1047 extrator automático por 30 minutos com temperatura de 90°C para a extração.
 1048 Posteriormente, as amostras foram novamente colocadas na estufa a 105°C por 30
 1049 minutos e recolocadas no dessecador por 30 minutos para pesagem final. O valor da
 1050 porcentagem de extrato etéreo foi expresso na matéria natural, através da equação:

$$1051 \quad \%EE = \frac{(PAS - PBG) - (PAE - PBG)}{PAM} \times 100$$

1052

1053 onde: PAS é o peso da amostra seca; PBG é o peso do bag; PAE é peso da
 1054 amostra extraída; PAM é o peso da amostra.

1055 Amostras com coeficiente de variação para porcentagem de gordura média
 1056 maiores que 20% entre as duplicatas foram repetidas, prevalecendo o valor da
 1057 repetição.

1058 2.6 Análises estatísticas

1059 O experimento foi realizado em um modelo inteiramente casualizado. Os
 1060 dados foram analisados as médias dos quadrantes das regiões proximal,

1061 intermediária e distal (P1P2, I1I2, D1D2) e, posteriormente, as médias dos
1062 quadrantes separados entre os dois sítios anatômicos avaliados entre 11^a-12^a e 12-
1063 13^a costelas (US11^a12, US12^a13^a, EE11^a12, EE12^a13^a, AV11^a12, AV12^a13^a). Por
1064 fim, foi avaliado a média dos dados observados no músculo *longissimus* (GI_US,
1065 GI_EE e GI_AV). Foi utilizado o procedimento Univariate do SAS Release 3.1.0
1066 e realizado estudos de correlação de Pearson entre as variáveis analisadas. Para
1067 comparação entre as médias, utilizou-se o teste de *Tukey* com significância de 5%
1068 de significância.

1069 Foi realizado também o método de Componentes Principais (PCA) e
1070 Regressão de Quadrados Mínimos Parciais (PLSR), utilizando o software
1071 Unscrambler®X 10.1 (CAMO Software AS, Oslo, Noruega). Em uma primeira análise
1072 exploratória dos dados foram considerados *outliers* e retirados do banco animais
1073 com valores de Hotelling T² superiores a 5%. Para desenvolvimento das curvas de
1074 calibração foi utilizado o método de validação aleatória interna, com 60% do banco
1075 de dados selecionado aleatoriamente para desenvolvimento das curvas de calibração
1076 e validação aleatória interna e 40% para teste da acurácia preditiva destas equações.

1077

1078 **3 Resultados**

1079 As estatísticas descritivas das medidas da gordura intramuscular mensuradas
1080 por diferentes técnicas em três pontos distintos do *longissimus* (proximal,
1081 intermediária e distal), na região entre a 11^a a 13^a costelas estão apresentadas na
1082 Tabela 1 e Tabela 2.

1083 Entre as avaliações realizadas na região da 11^a e 12^a costelas do músculo LT
1084 (Tabela 1), as medidas PUS, IEE, PAV apresentaram maiores CV (39,32%, 95,52%,
1085 36,64%, respectivamente). Entretanto, maior média de CV foi observada para o EE
1086 (84,24%).

1087

1088

1089

1090

1091

1092

1093

1094
1095
1096

Tabela 1. Descrição do banco de dados utilizado para as estimativas da gordura intramuscular mensurada por diferentes técnicas em três pontos distintos do longissimus (proximal, intermediária e distal), na região entre a 11^a a 12^a costela.

Variável	N	Mín	Máx	Média ± DP	CV (%)
PUS 11 ^a _12 ^a	40	1,10	7,17	2,73± 1,07	39,32
IUS 11 ^a _12 ^a	40	1,10	4,56	2,45± 0,73	29,92
DUS 11 ^a _12 ^a	40	0,68	3,76	2,1± 0,69	32,75
PEE 11 ^a _12 ^a	40	0,09	2,27	0,69 ± 0,58	83,51
IEE 11 ^a _12 ^a	40	0,06	3,69	0,84 ± 0,80	95,52
DEE 11 ^a _12 ^a	40	0,06	4,20	0,96 ± 0,80	84,04
PAV 11 ^a _12 ^a	39	1,00	3,00	1,93 ± 0,71	36,64
IAV 11 ^a _12 ^a	39	1,00	3,00	2,21 ± 0,46	20,86
DAV 11 ^a _12 ^a	39	1,00	3,00	2,14 ± 0,59	27,69
Média das variáveis					
US11 ^a _12 ^a	40	1,11	5,14	2,43 ± 0,76	31,13
EE11 ^a _12 ^a	40	0,13	3,39	0,83 ± 0,70	84,24
AV11 ^a _12 ^a	39	1,33	2,87	2,09 ± 0,32	15,44

1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106

N= Número de observações; DP= Desvio Padrão; CV= Coeficiente de variação; PUS= parte proximal avaliado por ultrassom; IUS= parte intermediária avaliada por ultrassom; DUS= parte distal avaliado por ultrassom; PEE= parte proximal avaliada por extrato etéreo; IEE= parte intermediária da avaliada por extrato etéreo; DEE= parte distal da avaliada por extrato etéreo; PAV= parte proximal da avaliada por escore visual; IAV= parte intermediária da avaliada por escore visual; DAV= parte distal da avaliada por escore visual; US11^a12^a= Ultrassonografia entre 11^a a 12^a costelas; EE11^a12^a= Extrato Etéreo entre 11^a a 12^a costelas; AV11^a12^a= Avaliação visual entre 11^a a 12^a.

1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115

As avaliações entre 12^a e 13^a costela (Tabela 2) DUS, DEE e PAV apresentaram maiores CV (49,76%, 83,28%,31,69%, respectivamente) (Tabela 2). Como na região da 11^a e 12^a costelas, maior CV foi observado para o EE (70,61%).

1116 Tabela 2. Descrição do banco de dados utilizado para as estimativas da gordura
 1117 intramuscular, mensurada por diferentes técnicas em três pontos distintos (proximal,
 1118 intermediário e distal) do longissimus, na região entre a 12^a a 13^a costela.

Variável	N	Mínimo	Máximo	Média ± DP	CV (%)
PUS 12 ^a _13 ^a	40	1,09	6,17	2,75 ± 1,04	37,85
IUS 12 ^a _13 ^a	40	1,01	5,58	2,32 ± 0,96	41,22
DUS 12 ^a _13 ^a	40	1,09	7,07	2,28 ± 1,13	49,76
PEE 12 ^a _13 ^a	40	0,16	1,99	0,74 ± 0,51	68,82
IEE 12 ^a _13 ^a	40	0,04	2,45	0,78 ± 0,6	76,78
DEE 12 ^a _13 ^a	40	0,09	3,84	0,95 ± 0,6	83,28
PAV 12 ^a _13 ^a	39	1,00	3,00	2,05 ± 0,6	31,69
IAV 12 ^a _13 ^a	39	1,00	3,00	2,07 ± 0,5	24,37
DAV 12 ^a _13 ^a	39	1,00	3,00	2,09 ± 0,48	22,77
Média das variáveis					
US12 ^a _13 ^a	40	1,06	6,28	2,45 ± 0,98	39,86
EE12 ^a _13 ^a	40	0,11	2,64	0,82 ± 0,58	70,61
AV12 ^a _13 ^a	39	1,40	2,60	2,07 ± 0,32	15,24

1119 N= Número de observações; DP= Desvio Padrão; CV= Coeficiente de variação;
 1120 PUS= parte proximal avaliado por ultrassom; IUS= parte intermediária avaliada por
 1121 ultrassom; DUS= parte distal avaliado por ultrassom; PEE= parte proximal avaliada
 1122 por extrato etéreo; IEE= parte intermediária da avaliada por extrato etéreo; DEE=
 1123 parte distal da avaliada por extrato etéreo; PAV= parte proximal da avaliada por
 1124 escore visual; IAV= parte intermediária da avaliada por escore visual; DAV= parte
 1125 distal da avaliada por escore visual; US12^a13^a= Ultrassonografia entre 12^a a 13^a
 1126 costelas; EE12^a13^a= Extrato Etéreo entre 12^a a 13^a costelas; AV12^a13^a= Avaliação
 1127 visual entre 12^a a 13^a.

1128 Observou-se diferenças significativas (P<0,05) em todas as análises de
 1129 ultrassonografia com extrato etéreo e extrato etéreo com avaliação visual. Nas
 1130 análises de ultrassonografia com avaliação visual observou significância (P<0,05)
 1131 da GI nas variáveis P, P11^a_12^a e P12^a_13^a, respectivamente (Tabela 3).

1132

1133

1134

1135

1136
1137Tabela 3. Gordura intramuscular avaliadas em diferentes sítios anatômicos (11^a a 12^a e 12^a a 13^a) do longissimus por diferentes técnicas.

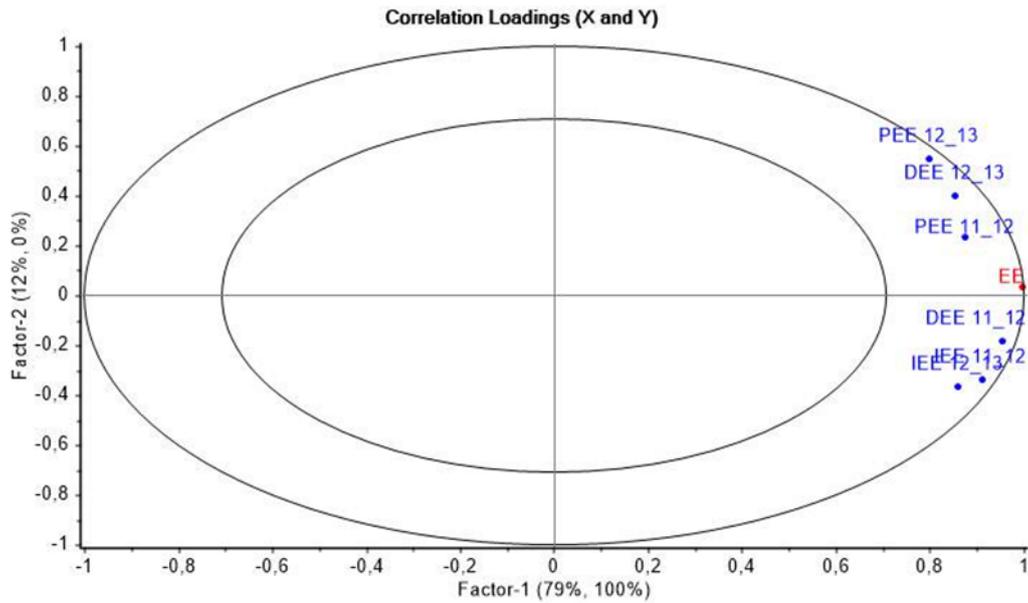
Variável	US	EE	AV	EPM ¹	P valor		
					(US-EE)	(US-AV)	(EE-AV)
GI %	2,44a	0,83c	2,08b	0,13	<0,0001	0,0233	<0,0001
PID11 ^a _12 ^a %	2,43a	0,83b	2,09aa	0,14	<0,0001	0,051	<0,0001
PID12 ^a _13 ^a %	2,45a	0,82c	2,07b	0,15	<0,0001	0,0408	<0,0001
P %	2,74a	0,72c	1,99b	0,16	<0,0001	<0,0001	<0,0001
I %	2,39a	0,81b	2,14aa	0,14	<0,0001	0,1758	<0,0001
D %	2,19a	0,95b	2,12aa	0,15	<0,0001	0,8729	<0,0001
P11 ^a _12 ^a %	2,73a	0,69c	1,93b	0,18	<0,0001	<0,0001	<0,0001
I11 ^a _12 ^a %	2,45a	0,84b	2,21aa	0,15	<0,0001	0,2689	<0,0001
D11 ^a _12 ^a %	2,10aa	0,95b	2,10a	0,16	<0,0001	0,9709	<0,0001
P12 ^a _13 ^a %	2,75a	0,74c	2,05b	0,17	<0,0001	0,0003	<0,0001
I12 ^a _13 ^a %	2,32a	0,78b	2,07aa	0,16	<0,0001	0,2596	<0,0001
D12 ^a _13 ^a %	2,73a	0,95b	2,09aa	0,19	<0,0001	0,5929	<0,0001

1138
1139
1140
1141
1142

US= ultrassonografia de carcaça; EE= extrato etéreo; AV= avaliação visual; GI= gordura intramuscular; EMP¹: Erro Padrão Médio, a, b – Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste *Tukey* (P<0,05).

1143
1144
1145
1146

A análise por componentes principais (PCA) dos dados dos quadrantes de diferentes sítios anatômicos (11^a_12^a e 12^a_13^a), para a característica EE, explicou 91% da variação total. Os valores de EE nas regiões proximais, tanto na 11^a_12^a, quanto na 12^a_13^a costelas foram semelhantes. O mesmo ocorreu para a região intermediária (Figura 11).



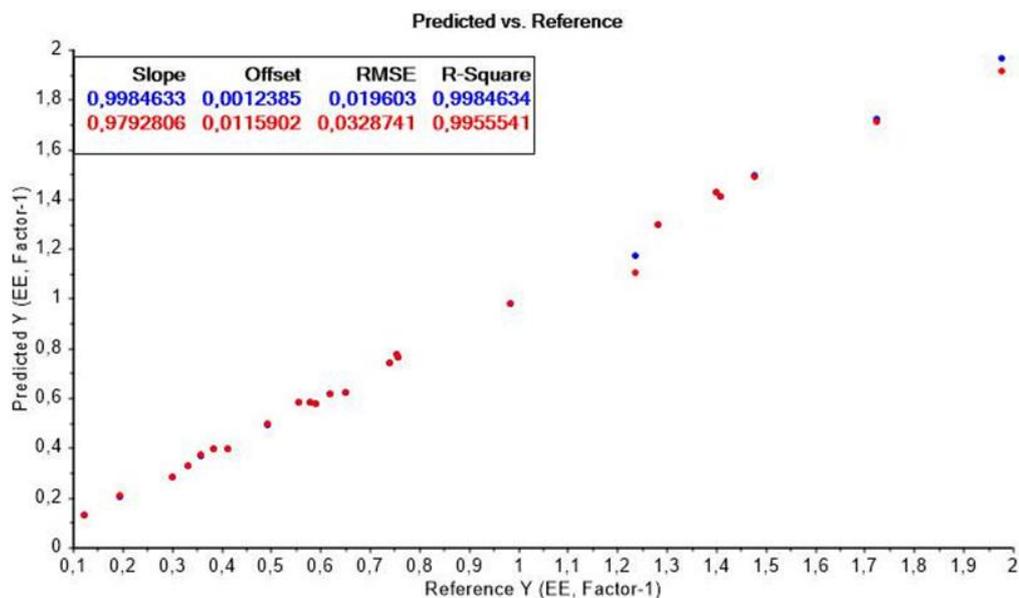
1147

1148 Figura 11. Correlação entre o valor total de extrato etéreo (EE) daqueles obtidos
 1149 entre as camadas próximas (PEE), intermediária (IEE) e distal (DEE) do músculo
 1150 longissimus, entre 11^a e 12^a e a 12^a e 13^a costelas.

1151

1152 A variância total dos valores de extrato etéreo foi explicada em 100% com a
 1153 utilização de apenas os dois fatores, o que demonstra o elevado ajuste do modelo
 1154 para explicação da variável em questão. Este ajuste também pôde ser observado aos
 1155 realizarmos as regressões dos valores de EE obtidos em diferentes camadas para
 1156 estimativa do valor total de EE da amostra, com valor de R^2 superior a 0,99, na
 1157 calibração (Figura 12).

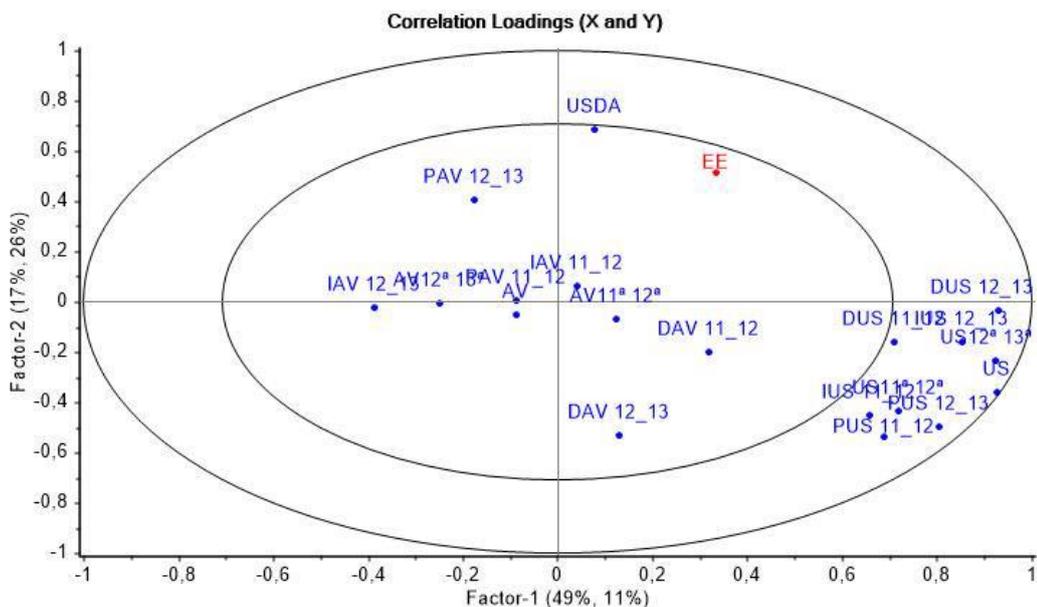
1158



1159 Figura 12. Valores preditos e referênciã de extrato etéreo (EE), obtidos com as
 1160 equações de calibração, a partir dos valores de EE das camadas proximal,
 1161 intermediária e distal do músculo *longissimus*, entre a 11ª e 13ª costelas.

1162

1163 Ao incluirmos nas análises de componentes principais todas as técnicas
 1164 utilizadas (US, AV e USDA) para a predição dos valores de EE nas diferentes
 1165 camadas (P, I e D), entre a 11ª a 13ª costelas, obteve-se que as medidas por US foram
 1166 as que mais se relacionaram aos valores de EE, posicionadas na elipse mais externa
 1167 da Figura 13, sendo responsáveis por 66% na variação dessa característica (Fatores
 1168 1 e 2), o que não ocorreu com aquelas posicionadas na elipse interna da mesma
 1169 figura, indicando que tiveram pouca ou quase nenhuma influência na explicação da
 1170 variância dos valores de EE deste estudo.



1171

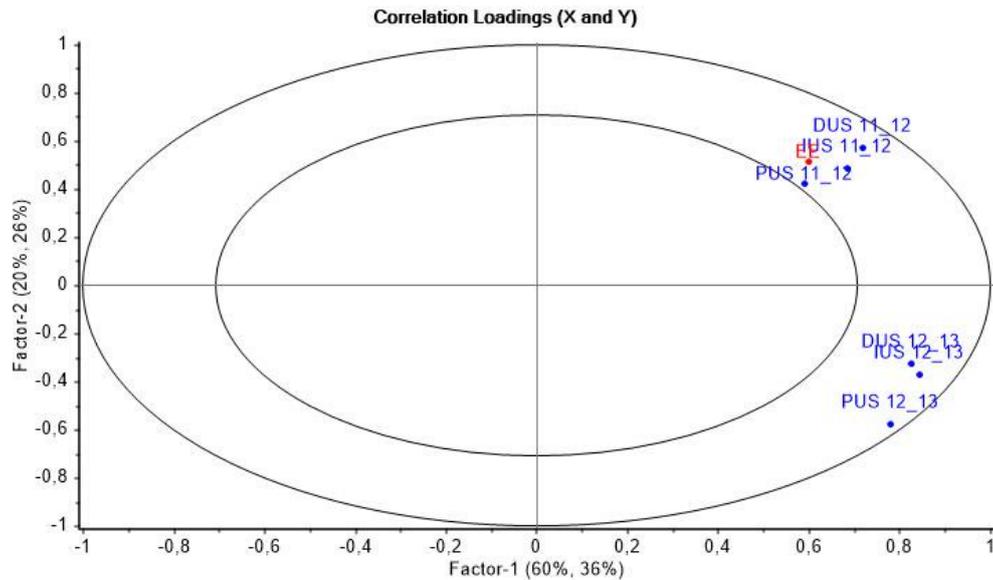
1172 Figura 13. Correlação entre as estimativas da quantidade de gordura intramuscular
 1173 obtidas pelas técnicas de ultrassom –(US), avaliação visual (VI), escala USDA
 1174 Quality Grade (USDA), em diferentes camadas (proximal - P, intermediária – I,
 1175 distal – D) do músculo longissimus, entre a 11^a, 12^a e 13^a costelas.

1176

1177 Ao avaliar as estimativas de EE pela ultrassonografia, em diferentes camadas
 1178 e pontos anatômicos do longissimus, observou-se que há uma forte correlação entre
 1179 as camadas em um mesmo ponto anatômico, porém essa correlação é menor entre
 1180 os pontos anatômicos (Figura 14). As medidas de US coletadas em diferentes
 1181 camadas na região entre a 11^a e 12^a costelas estiveram altamente correlacionadas
 1182 com os valores totais de EE e mostraram-se importantes para a explicação desta
 1183 característica (Figura 14).

1184

1185



1186

1187

1188

1189

Figura 14. Correlação entre as medidas da porcentagem de gordura intramuscular estimadas por ultrassom (US), nas camadas proximal (P), intermediária (I) e distal (D) do músculo *longissimus*, entre a 11^a, 12^a e 13^a costelas.

1190

1191

1192

1193

1194

1195

1196

1197

1198

1199

1200

1201

1202

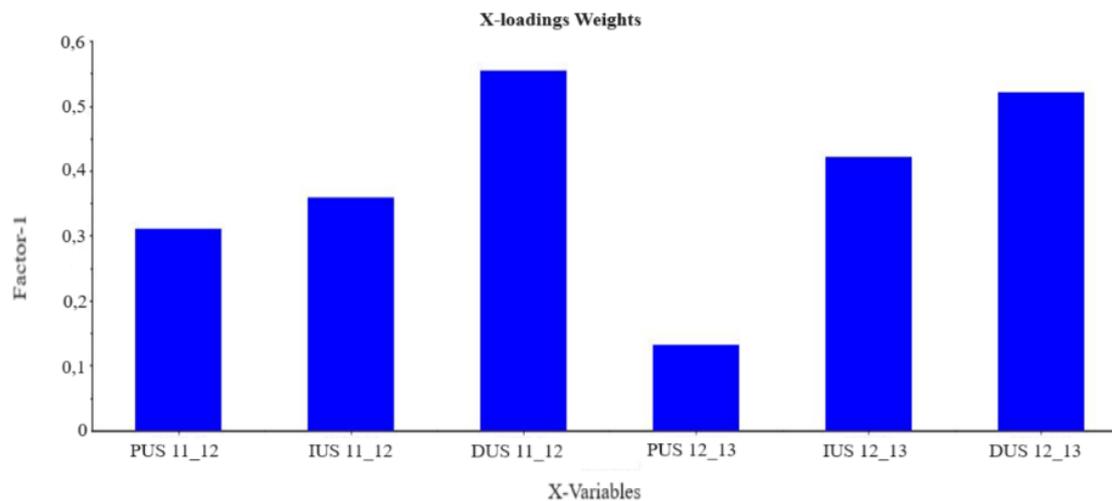
1203

1204

1205

1206

Ao utilizar os valores de porcentagem de gordura intramuscular obtidos nas camadas do músculo *longissimus* entre a 11^a, 12^a e 13^a costelas como preditores da porcentagem de EE total no músculo, encontrou-se que os coeficientes com maior peso nas equações de regressão, obtidas pelo método de quadrados mínimos parciais, foram aqueles obtidos a partir de medidas de US tomadas nas regiões intermediária e distal, tanto entre a 11^a e 12^a quanto entre a 12^a e 13^a costelas (Figura 15).



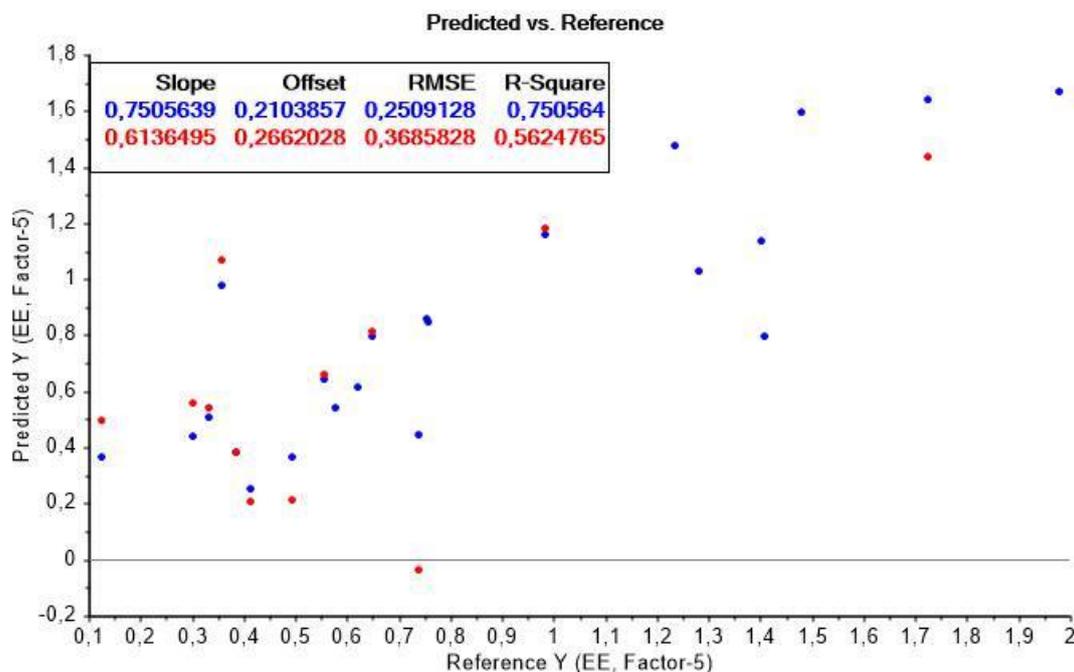
1207

1208 Figura 15. Coeficientes de regressão da equação para estimativa do valor total de
1209 extrato etéreo (EE), obtida a partir dos valores de porcentagem de gordura
1210 intramuscular, nas camadas proximal (P), intermediária (I) e distal (D) do músculo
1211 *longissimus*, entre a 11^a, 12^a e 13^a costelas, obtidos por ultrassonografia.

1212

1213 O coeficiente de regressão da equação de calibração para predição do valor total
1214 de EE, a partir de valores da porcentagem de GI, obtidas em diferentes camadas do
1215 *longissimus*, por ultrassonografia, entre a 11^a, 12^a e 13^a costelas, foi de
1216 aproximadamente 0,75, como apresentado na Figura 16.

1217



1218 Figura 16. Equação de regressão para predição dos valores de extrato etéreo (EE) a
 1219 partir de valores de porcentagem de gordura intramuscular, nas camadas proximal
 1220 (P), intermediária (I) e distal (D) do músculo longissimus, entre a 11^a, 12^a e 13^a
 1221 costelas, obtidos por ultrassonografia.

1222

1223 4 Discussão

1224 O coeficiente de variação entre as posições anatômicas do músculo
 1225 *longissimus* nas Tabelas 1 e 2, tiveram valores altos principalmente na análise de EE
 1226 e baixos na avaliação visual diferente dos resultados observados por Bianchini et
 1227 al., (2008), Climaco et al., (2006) e Silva et al., (2010) que obtiveram coeficiente de
 1228 variação de EE de 29,71%, 69,78% e 50,10%, respectivamente. Silva et al., (2010)
 1229 observaram que o CV da análise química se aproximava dos valores da área de
 1230 manchas marmorizadas, a proporção de manchas marmorizadas e a mancha
 1231 marmoreada mais longa apresentaram variação semelhante (CV entre 42,6 e 44,6%,
 1232 respectivamente) que se aproxima da variação observada de EE.

1233 O coeficiente de variação é um indicador que avalia o grau de dispersão dos
 1234 valores em relação à média geral de um conjunto de dados (Mohallem et al., 2008).
 1235 Quando apresenta um valor elevado, indica uma grande variabilidade nos dados,
 1236 como verificado neste estudo, podendo ser influenciado por diversos fatores, tais
 1237 como erro amostral, presença de influências não controladas, características

1238 intrínsecas das variáveis, entre outros elementos (Garcia, 1989). Destaca-se a
1239 ausência de estimativas de CV para a característica marmoreiro na literatura.

1240 Analisando a Tabela 3, observa-se que houve diferença entre as medidas de GI
1241 preditas por diferentes técnicas, em diferentes camadas e pontos anatômicos do
1242 musculo Longissimus e que essas diferenças seguem um padrão de
1243 proporcionalidade entre as técnicas, o que nos direciona para a consideração dessas
1244 diferenças e proporções como fatores de ajuste na elaboração de algoritmos de IA
1245 para predição da porcentagem de gordura intramuscular utilizando a técnica de
1246 ultrassonografia. Já as variações relativas aos métodos de avaliação visual podem
1247 ser relacionadas ao avaliador, nos levando a buscar a solução de possíveis problemas
1248 que causem erros nas estimativas da GI por outras técnicas em diferentes pontos da
1249 imagem e posições anatômicas dos animais (Cheng et al., 2015).

1250 O coeficiente de determinação da equação de calibração no presente estudo
1251 foi de 0,99, demonstrando podem ser utilizados como referência para a validação
1252 das predições de EE por US (Figura 12), valor inferior (0,76) foram encontrados no
1253 estudo realizado por Fabbri et al., (2021), em que utilizou 27 novilhas Charolês. A
1254 porcentagem e a distribuição da gordura intramuscular são altamente variáveis,
1255 dependendo da nutrição (níveis de energia e proteína), sexo, fatores genéticos (raça)
1256 e peso de abate (Park et al., 2018).

1257 No presente estudo, as avaliações por US em diferentes camadas e pontos
1258 anatômicos do longissimus estiveram correlacionadas entre si e tiveram maior peso
1259 na explicação da variância encontrada nas amostras para os valores de EE,
1260 contribuindo com 66% para a explicação dos dados (Figura 13). Essa informação
1261 demonstra que a distribuição da gordura intramuscular em diferentes camadas e
1262 pontos anatômicos do longissimus deva ser considerada nas predições da
1263 porcentagem de GI por ultrassonografia. Silva et al., (2010) em seu estudo com 26
1264 novilhas cruzadas (Charolês x Holandês) encontrou um coeficiente de determinação
1265 (0,819) superior ao deste estudo. Porém no estudo realizado foram utilizados animais
1266 zebuínos que apresentam baixa capacidade deposição de gordura intramuscular
1267 (Burrow, 2001; Matarim, 2015), diferenciando assim, o coeficiente de determinação.
1268 As avaliações visuais não foram boas preditoras, uma vez que não apresentaram
1269 correlação significativa com a maioria das medidas de GI preditas por US, nem por
1270 EE, esta última considerada como técnica referência em nosso estudo.

1271 Ao avaliar as estimativas de EE pela ultrassonografia, em diferentes camadas
1272 e pontos anatômicos do longissimus, observou-se que há uma forte correlação entre
1273 as camadas em um mesmo ponto anatômico, porém essa correlação é menor entre
1274 os pontos anatômicos (Figura 14). As medidas de US coletadas em diferentes
1275 camadas na região entre a 11^a e 12^a costelas estiveram altamente correlacionadas
1276 com os valores totais de EE e mostraram-se importantes para a explicação desta
1277 característica (Figura 14).

1278 No estudo realizado observamos que em diferentes camadas no primeiro sítio
1279 anatômico (11^a e 12^a costelas) tiveram fortes correlações com EE, sendo maiores,
1280 inclusive, que aquelas avaliadas entre a 12^a e 13^a costelas (Figura 14). A importância
1281 de cada camada e sítio anatômico na predição dos valores de EE pela técnica de
1282 ultrassonografia foi comprovada pelos diferentes pesos e importância dos
1283 coeficientes de regressão de cada uma dessas variáveis na explicação da variância
1284 da característica EE, em que as camadas distais do músculo, nos dois pontos
1285 anatômicos avaliados, tiveram mais peso na explicação desta característica.

1286 As camadas podem apresentar valores diferentes quando preditas por US,
1287 pois as ondas sonoras emitidas pelo equipamento se propagam através de líquidos,
1288 tecidos e sólidos em velocidades diferentes, como por exemplo gordura, músculo e
1289 tecidos moles (1430 m/s; 1620 m/s e 1540 m/s respectivamente). Sendo assim, ao
1290 se propagar em diferentes tecidos, sofre atenuação da intensidade do sinal, devido
1291 aos efeitos de absorção, reflexão e espalhamento (Biscegli 2003), podendo interferir
1292 na precisão e nitidez das imagens geradas em diferentes camadas do local anatômico
1293 avaliado, principalmente quando há diferenças na distribuição e espessura dos
1294 tecidos avaliados em uma mesma posição anatômica. Portanto, sugere-se que as
1295 camadas, pontos anatômicos, distribuição e espessura dos tecidos devam ser
1296 consideradas para estimativas da porcentagem de GI do longissimus por
1297 ultrassonografia.

1298 **5 Conclusão**

1299 Os valores de EE nas camadas refletem com fidelidade os valores de EE da
1300 amostra e podem ser utilizados como referência para a validação das predições de
1301 EE por US. As análises de ultrassonografia de carcaça tiveram correlações com a
1302 análise de EE, além de poder ser realizada em diferentes sítios anatômicos e
1303 diferentes camadas, demonstrando que por essa técnica, o local de avaliação deve ser

1304 considerado. As avaliações visuais não foram boas preditoras, uma vez que não
1305 apresentaram correlação significativa com a maioria das medidas de GI preditas por
1306 US, nem por EE, esta última considerada como técnica referência em nosso estudo.

1307

1308 **6 Agradecimentos**

1309 O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de
1310 Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de
1311 financiamento 001, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

1312 **7 Considerações finais**

1313 A gordura intramuscular (GI), ou marmoreio, é a quantidade de gordura que
1314 pode ser visualizada entre as fibras musculares, sendo influenciada por diversos
1315 fatores como a genética do animal, raça, produção animal, peso e composição da
1316 ração e está associada a importantes características qualitativas da carne como
1317 suculência, sabor, palatabilidade e maciez, além de sua aparência visual, fator que
1318 influencia a escolha pelos consumidores no ato da compra.

1319 A pesquisa foi capaz de demonstrar que é possível realizar a verificação da GI
1320 através de diferentes técnicas, porém, há necessidade de aprimorá-las. Além disso
1321 ressalta-se a importância do desenvolvimento de um software que atende a realidade
1322 do gado brasileiro, com banco de dados das características de animais zebuínos, para
1323 que haja maior confiabilidade e precisão.

1324

1325 **8 Referências**

1326 Amorim, S. S. de, Machado, T. J. V. M. O. de P., Pires, A. J. V., Ribeiro, A. S., &
1327 Galvão, P. C. S. (2023). Aspectos qualitativos da carne bovina. *Brazilian Journal of*
1328 *Science*, 2(9), 1–12. <https://doi.org/10.14295/bjs.v2i9.353>

1329 Barbon, A. P. A. da C. (2018). *Avaliação do índice de marmoreio e do tempo de*
1330 *estocagem da carne com o uso da inteligência computacional*. Universidade
1331 Estadual de Londrina.

1332 Bianchini, W., Silveira, A. C., Arrigoni, M. de B., Jorge, A. M., Martins, C. L., &
1333 Rodrigues, É. (2008). Crescimento e características de carcaça de bovinos

- 1334 superprecoces Nelore, Simental e mestiços. *Revista Brasileira de Saúde e Produção*
1335 *Animal*, 9(3), 554–564.
- 1336 Biscegli, C. I. (2003). Conceitos de física do ultra-som. Em C. I. Biscegli (Org.),
1337 *Documentos* (Embrapa, Vol. 8, p. 1–19). Ministério da Agricultura, Pecuária e
1338 Abastecimento.
- 1339 Cheng, W., Cheng, J. H., Sun, D. W., & Pu, H. (2015). Marbling Analysis for
1340 Evaluating Meat Quality: Methods and Techniques. *Comprehensive Reviews in*
1341 *Food Science and Food Safety*, 14(5), 523–535. [https://doi.org/10.1111/1541-](https://doi.org/10.1111/1541-4337.12149)
1342 [4337.12149](https://doi.org/10.1111/1541-4337.12149)
- 1343 Climaco, S. M., Ribeiro, E. L. de A., Rocha, M. A. da, Mizubuti, I. Y., Silva, L. das
1344 D. F. da, Noro, L. Y., & Turini, T. (2006). Características de carcaça e qualidade de
1345 carne de bovinos inteiros ou castrados da raça Nelore, suplementados ou não durante
1346 o primeiro inverno. *Ciência Rural*, 36(6), 1867–1872.
- 1347 Fabbri, G., Gianesella, M., Gallo, L., Morgante, M., Contiero, B., Muraro, M., Boso,
1348 M., & Fiore, E. (2021). Application of ultrasound images texture analysis for the
1349 estimation of intramuscular fat content in the longissimus thoracis muscle of beef
1350 cattle after slaughter: A methodological study. *Animals*, 11(4).
1351 <https://doi.org/10.3390/ani11041117>
- 1352 Faria, M. H. De. (2012). A ultrassonografia como critério de abate em bovinos de
1353 corte. *Pesquisa & Tecnologia*, 9(1). www.aptaregional.sp.gov.br
- 1354 Faucitano, L., Rivest, J., Daigle, J. P., Lévesque, J., & Gariépy, C. (2004).
1355 Distribution of intramuscular fat content and marbling within the longissimus
1356 muscle of pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 84, 57–61.
1357 www.nrcresearchpress.com
- 1358 Garcia, C. H. (1989, setembro). *Tabelas para classificação do coeficiente de*
1359 *variação*. Instituto de Pesquisas e Estudo Florestais.
1360 <https://www.ipef.br/PUBLICACOES/ctecnica/nr171.pdf>
- 1361 Hentz, P. C., Spagnol, L., Bonotto, R. M., Bassani, M. T., & Ebling, P. D. (2022).
1362 Ultrassonografia na avaliação de carcaças de bovinos. *Anais de Medicina*
1363 *Veterinária, UCEFF*, 95–97.

- 1364 Matarim, D. L. (2015). *Estimativa de parâmetros genéticos para características de*
1365 *carcaça avaliadas por ultrassom, com ênfase na gordura intramuscular, em bovinos*
1366 *Nelore*. Universidade de São Paulo.
- 1367 Mohallem, D. F., Tavares, M., Silva, P. L., Guimarães, E. C., & Freitas, R. F. (2008).
1368 Avaliação do coeficiente de variação como medida da precisão em experimentos
1369 com frangos de corte. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 60(2),
1370 449–453.
- 1371 Monteiro, M., & Santos, H. F. L. (2019, dezembro 4). *Identification of the marble*
1372 *meat standard through the neural network for quality grading*.
1373 <https://doi.org/10.26678/abcm.cobem2019.cob2019-2035>
- 1374 Nguyen, D. V., Nguyen, O. C., & Malau-Aduli, A. E. O. (2021). Main regulatory
1375 factors of marbling level in beef cattle. *Veterinary and Animal Science*, 14.
1376 <https://doi.org/10.1016/j.vas.2021.100219>
- 1377 Park, S. J., Beak, S. H., Jung, D. J. S., Kim, S. Y., Jeong, I. H., Piao, M. Y., Kang,
1378 H. J., Fassah, D. M., Na, S. W., Yoo, S. P., & Baik, M. (2018). Genetic, management,
1379 and nutritional factors affecting intramuscular fat deposition in beef cattle - A
1380 review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(7), 1043–1061.
1381 <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0310>
- 1382 Philippe, M. G., Clementino, F. M. M., Gadotti, G. A., Puel, A. C., Martins, C. E.
1383 N., Moreira, F., & Júnior, J. M. de O. (2020). Característica da carcaça e da carne de
1384 bovinos de corte certificados. *Brazilian Journal of Development*, 6(7), 52942–
1385 52951. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-805>
- 1386 Sainz, R. D., Rodrigues, F., & Araujo, C. (2001, outubro 23). Uso de tecnologias de
1387 ultra-som no melhoramento do produto final carne. *Congresso Brasileiro das Raças*
1388 *Zebuínas*, 1–8.
- 1389 Silva, M. J. F. B. da, Lins, L. F., Lins, N. B. D. O., De Siqueira, M. G. F. M., De
1390 Moura, A. P. B. L., Neto, P. M. de C., Barbosa, S. B. P., & Júnior, W. M. D. (2017).
1391 Avaliação de carcaça bovina: uma revisão sobre o uso do ultrassom. *Medicina*
1392 *Veterinária (UFRPE)*, 11(4), 279–284.
- 1393 Silva, N. N., Gomes, V. G. Q., Da Silva, W. M., Amaral, P. N. C., Rosa, G. G.,
1394 Benfica, L. F., Carvalho, C. L. de, & Salvador, F. M. (2018). Perda de peso por

- 1395 cocção e marmoreio da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo
1396 monensina sódica e/ou virginiamicina. *28º Congresso Brasileiro de Zootecnia*, 15.
- 1397 Silva, S., Guedes, C., Mena, E., António, J., & Silva, O. (2010). Assessment of
1398 muscle Longissimus thoracis et lumborum intramuscular fat by ultrasonography and
1399 image analysis. *International Conference on Simulation and Modelling in the Food
1400 and Bio Industries*. <https://www.researchgate.net/publication/236972992>
- 1401 Sugisawa, L., Matos, B. da C. de, & Sugisawa, J. M. (2013). *Melhoramento
1402 Genético - Aplicado em Gado de Corte PROGRAMA GENEPLUS* (A. do N. Rosa,
1403 E. N. Martins, G. R. de O. Menezes, & L. O. C. da Silva, Orgs.; 1º ed, Vol. 1).
1404 Embrapa Gado de Corte.
- 1405 Zenebon, O., Pascuet, N. S., & Tinglea, P. (2008). *Métodos físico-químicos para
1406 análise de alimentos* (1ª, Vol. 4). IAL.
- 1407