

IRIS SANTANA SOUZA

**Desempenho, caracterização da carcaça e qualidade de carne de
progênies representativas de touros da raça wagyu kuroge em
condições tropicais**

Pirassununga

2024

IRIS SANTANA SOUZA

Desempenho, caracterização da carcaça e qualidade de carne de progênes representativas de touros da raça wagyu kuroge em condições tropicais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Profa. Dra. Angélica Simone Cravo Pereira

Pirassununga

2024

Ficha catalográfica (obrigatório)

Solicitar após a conclusão do trabalho via formulário eletrônico:

Catálogo na Publicação

Biblioteca Virgínia Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da
Universidade de São Paulo

Ficha catalográfica gerada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Souza, Iris
Desempenho, caracterização da carcaça e qualidade de carne de
progênie representativas de touros da raça wagyu kuroge em
condições tropicais / Iris Souza ; orientador Angélica Simone Cravo
Pereira .-- São Paulo, 2024.
56 f. : il.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Nutrição e
Produção Animal - Departamento de Nutrição e Produção Animal) -
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São
Paulo, 2024.

1. wagyu. 2. bos taurus. 3. maciez. 4. marmorização. 5.
linhagens. I. Título.

Bibliotecária responsável pela estrutura de catalogação
na publicação: Maria Aparecida Laet - CRB 5673-8.



Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Universidade de São Paulo

Comissão de Ética no
Uso de Animais

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "DESEMPENHO, CARACTERIZAÇÃO DA CARÇAÇA E QUALIDADE DE CARNE DE PROGENIES REPRESENTATIVAS DE TOUROS DA RAÇA WAGYU KUROGE EM CONDIÇÕES TROPICAIS.", protocolada sob o CEUA nº 9058100820 (000225), sob a responsabilidade de **Angélica Simone Cravo Pereira** e equipe; **Iris Santana Souza** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi **APROVADA** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ) na reunião de 12/08/2020.

We certify that the proposal "PERFORMANCE, HOUSING CHARACTERIZATION AND QUALITY OF MEAT OF REPRESENTATIVE PROGENIES OF BREED BULLS WAGYU KUROGE IN TROPICAL CONDITIONS", utilizing 40 Bovines (40 males), protocol number CEUA 9058100820 (000225), under the responsibility of **Angélica Simone Cravo Pereira** and team; **Iris Santana Souza** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **APPROVED** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo) (CEUA/FMVZ) in the meeting of 08/12/2020.

Finalidade da Proposta: Pesquisa

Vigência da Proposta: de 09/2020 a 05/2022 Área: Nutrição E Produção Animal

Origem: Animais de proprietários

Espécie: Bovinos

sexo: Machos

Idade: 16 a 30 meses

Quantidade: 40

Linhagem: Wagyu Kuroge

Peso: 500 a 900 kg

São Paulo, 09 de fevereiro de 2024

Prof. Dr. Marcelo Bahia Labruna
Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Camilla Mota Mendes
Vice-Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Universidade de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: SOUZA, Iris Santana.

Título: **Desempenho, caracterização da carcaça e qualidade de carne de progênes representativas de touros da raça wagyu kuroge criados em condições tropicais**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao nosso Senhor Jesus Cristo, pela minha vida, saúde, por sempre andar comigo, mesmo eu pensando que estava sozinha, por me levantar nos inúmeros momentos. Meus pais, Ione Felipe Santana Souza e Homero dos Reis Souza, por te me ensinado sempre a não ter medo de enfrentar a vida, por me impulsionar sempre, pela compreensão nas minhas ausências. A minha irmã Mariana Santana Souza, foi por influência dela que entrei na veterinária, aos meus amados sobrinhos Duda e Guilherme. A minha avó Edite Pedreira Santana (in memoriam), que viveu ao meu lado durante 35 anos, que era apaixonada por vacas e que se orgulhava de ter uma neta trabalhando em fazenda com gado.

À Professora Angélica, que desempenhou não só o papel de orientadora, mas algumas vezes de mãe me chamando atenção e outras vezes amiga ajudando e consolando diante das adversidades do projeto e da vida. Meu muito obrigada por abrir as portas dos seus laboratórios e da sua casa para eu me alimentar e dormir sob sua proteção. A todos os outros integrantes da equipe, pós-graduandos, estagiários e funcionários, agradeço por toda a ajuda e incentivo que recebi e por todos os laços de amizade criados. Agradeço especialmente à Ester, por todo apoio e parceria.

À minha segunda família, Fazenda Yakult, que me abriu as portas e me apresentou essa raça tão maravilhosa que se chama wagyu kuroge. Agradeço em primeiro lugar Sr. Sadao Iizaki (Tio) pelo pioneirismo em trazer Wagyu para o Brasil, sem esta iniciativa o projeto não existiria, obrigada pela amizade e convívio. Ao presidente em exercício, Sr. Nemoto pela aprovação do projeto. Sr. Odirley Gil, pela intermediação na aprovação da coleta das amostras. Diretor Jun Segawa e Mônica por todo apoio e confiança no meu trabalho. Todos que passaram pela equipe pecuária (Ivair Canner, Vitor, Matheus Brito, Leandro, Lico) obrigada por toda a ajuda. Meninas do escritório, Tatiene (Taty), Marly Moreira, Ana Cristina (Portuga), Jocelaine (Jô), Keila (Gata garota), Miriane (Mi), obrigada por todo apoio sempre. Toda equipe do frigorífico Olhos d' Água, Sr. Arlei, Antônio, João Carlos, Mary e toda equipe de sala de desossa, meu muito obrigada por toda a paciência e colaboração na coleta das amostras. Em especial, aos melhores técnicos de Wagyu já existentes no Brasil, Sr. Rogério Satoru Uenish, obrigada por me acolher, me proteger, me ajudar, me provocar quando era

necessário e por tantos ensinamentos sobre o gado, SRG, carne e vida. Eliel Marcos Palamim (Pala), palavras não são suficientes para descrever a seu respeito, obrigada por sempre ser meu porto seguro quando eu precisei, por encontrar saída quando eu achei que tudo estava perdido. Este projeto também é seu.

Agradeço à Associação Brasileira dos Criadores de Bovinos das Raças Wagyu, e a todos os criadores que tive a honra de conhecer neste Brasil a fora.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de realização do Mestrado, e ao Laboratório de Ciência da, por todo o aprendizado e desenvolvimento pessoal e profissional.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para que esse trabalho fosse realizado. A todos vocês, meu muito obrigada!

RESUMO

SOUZA, I. S. **Desempenho, caracterização de carcaça e qualidade de carne de progênes representativas de touros da raça wagyu kuroge criados em condições tropicais**. 2024. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2023.

Objetivou-se avaliar neste estudo a influência das características de carcaça e qualidade de carne de carcaça e qualidade de carne de diferentes progênes das principais linhagens representativas das maiores família de Wagyu Kuroge, criadas em condições tropicais. Foram utilizados 40 bovinos, machos castrados, com idade média de 16 meses e peso vivo inicial aproximado de 450 kg, pertencentes ao programa Brasileiro de Carne Wagyu Certificada. Os animais foram divididos em 4 principais famílias: 10 machos castrados da família 100% Tajima, 10 machos castrados da Hiroshima e 10 machos castrados da família alto 100% Tajima. Os animais, pertencentes ao mesmo grupo contemporâneo, foram mantidos em condições de manejo e dieta por aproximadamente 666 dias e abatidos. Após 48 horas de resfriamento das carcaças (0 a 2°C), ocorreu a desossa e foi avaliado o pH, calculou-se área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS) entre a 12^a e 13^a costelas e classificação do escore de marmorização. Foram coletadas amostras dos músculos *Longissimus thoracis* para determinação de cor, perda por cocção, força de cisalhamento, lipídios totais e comprimento de sarcômero, embaladas a vácuo e maturadas por zero (sem maturação) e 14 dias, a 2°C para análise de maciez objetiva, (FC) e subjetiva, perdas por cocção, (PPC).

Palavras-chave: *Bos taurus*, linhagens, Maciez, Marmorização.

ABSTRACT

SOUZA, I. S. **Performace, carcass characterization and meat quality of representative progeny of Wagyu Kuroge bulls raised in tropical conditions.** 2024. 54f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2024.

The objective of this study was to evaluate the influence of carcass characteristics and carcass meat quality of different progenies of representative lineages of the largest Wagyu Kuroge family, raised in tropical conditions. Forty castrated male cattle were used, with an average age of 16 months and an initial live weight of approximately 450kg, belonging to the Brazilian Certified Wagyu Beef program. The animals were divided into 4 main families: 10 castrated males from the 100% Tajima family, 10 castrated males from Hiroshima and 10 castrated males from the 100% Tajima high family. The animals, belonging to the same contemporary group, were maintained under management and diet conditions for approximately 666 days and slaughtered. After 48 hours of cooling the carcasses (0 to 2°C), boning took place and the pH was evaluated, rib eye area (AOL), subcutaneous fat thickness (EGS) between the 12th and 13th ribs and classification of the marbling score. Samples of Longissimus thoracis muscles were collected to determine color, cooking loss, shear force, total lipids and sarcomere length, vacuum packed and aged for zero (without aged) and 14 days, at 2°C for objective tenderness analysis, (FC) and subjective, cooking losses, (PPC).

Keywords: *Bos taurus*, lines, softness, marbling

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva de crescimento.....	20
Figura 2 - Curva de crescimento de animais de diferentes tipos fisiológicos	22
Figura 3 – Tabela de Classificação de marmorização da Japan Meat Grading Association.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Grupo genético das principais linhagens Wagyu Kuroge.....	29
Tabela 2 – Composição percentual das dietas na matéria seca	31
Tabela 3 – Efeito da progênie de touros representativos da raça Wagyu Kuroge sobre as características de desempenho.....	39
Tabela 4 -Efeito da progênie de touros representativos da raça Wagyu Kuroge sobre características de carcaça e qualidade de carne.....	40

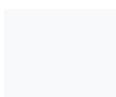
ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a*	componente vermelho verde
AOL	área de olho de lombo
b*	componente amarelo-azul
EGS	espessura de gordura subcutânea
Kg	quilogramas
L*	luminosidade
MAR	marmorização
PCQ	peso de carcaça quente
pH	potencial de hidrogênio
PI	peso inicial
PPC	perdas por cocção
PVF	peso vivo final

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 MELHORAMENTO GENÉTICO EM BOVINOS DE CORTE.....	17
2.2 VARIABILIDADE GENÉTICA NOS REBANHOS.....	18
2.3 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE COMPONENTES DA CARÇAÇA.....	18
2.4 MÉTODOS UTILIZADOS PARA ESTIMAR A COMPOSIÇÃO DA CARÇAÇA.....	23
2.5 QUALIDADE DA CARNE.....	26
3 HIPÓTESES.....	27
4 OBJETIVOS.....	28
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
5.1 Manejo dos animais, dietas e instalações.....	30
5.2 Abate, desossa e coleta de amostras.....	33
5.3 Análises qualitativa e quantitativa da carne e carcaça.....	27
5.3.1 Cor.....	28
5.3.2 Índice de marmoriação.....	28
5.3.3 Maciez objetiva e perdas por cocção.....	28
5.3.4 Comprimento do sarcômero.....	37
5.3.4 Espessura de gordura subcutânea.....	37
5.3.6 Colágeno Total, solúvel e insolúvel	37
5.3.7 Lipídios Totais	39
5.4 Análise estatística.....	39

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
6.1 Desempenho dos animais.....	37
6.2 Característica de carne carcaça.....	39
6.3 Escore de marmorização.....	34
6.4 pH.....	42
6.5 Espessura de gordura subcutânea.....	43
6.6. Área de olho de lombo.....	44
6.7 Cor.....	44
6.8 Perdas por cocção.....	46
6.9 Força de cisalhamento.....	47
6.10 Lipídios totais... ..	48
6.11 Comprimento de sarcômero.....	48
6.12 Colágeno total, colágeno solúvel e insolúvel.....	48
7 CONCLUSÕES.....	50
REFERÊNCIAS.....	51



1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O Brasil é, detentor do maior rebanho comercial de bovinos do mundo, possui um número aproximado de 234 milhões de cabeças, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE,2022). Além disso, o Brasil se destaca, atualmente, como segundo maior produtor de carne bovina do mundo produzindo 10,65 milhões de toneladas em 2022, de acordo com United States Department of Agriculture (USDA,2022). O Brasil possui esse número devido ao grande espaço territorial e diversidade de clima, que podem variar em diferentes regiões do país. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), grande parte do Brasil possui clima tropical, além do clima semiárido, com características de chuva e seca no nordeste brasileiro, clima subtropical na região sul do país, clima equatorial caracterizado por temperaturas altas e chuvas frequentes, clima equatorial e tropical em regiões centro-oeste. Destaca-se que todas as regiões brasileiras citadas, possuem clima adequado para criação de bovinos de corte. Além disso, o vasto espaço territorial unido as diversas condições climáticas do Brasil, são condições necessárias que permitem o aumento da produção de bovinos.

Nesse cenário global, em paralelo, tem-se o aumento da população mundial, a qual impulsiona o aumento da demanda por proteína de origem animal, e como consequência novas tecnologias e estratégias vem surgindo para atender o novo perfil de consumidor que está mais exigente.

Neste contexto, nos últimos anos, o perfil dos consumidores de carne bovina tem passado por alguns processos de modificações que os tornaram mais curiosos em relação aos processos produtivos e mais exigentes em relação ao conceito de qualidade. O avanço da globalização, das novas tecnologias digitais, e demais fatores, teve como consequência consumidores mais bem informados, com acesso a qualquer tipo de informação. O perfil do consumidor de carne bovina passou por mudanças significativas nas últimas décadas, refletindo uma evolução nas preferências e valores dos consumidores. O aumento da conscientização sobre questões de saúde, meio ambiente, bem-estar animal e sustentabilidade tem desempenhado um papel fundamental nessa transformação (Smith et al., 2020).

Desta forma, com objetivo de atender o novo perfil do consumidor e suas exigências em relação a qualidade e saúde, aumentar a lucratividade e melhorar a qualidade da produção, a cadeia da carne vem buscando alternativas que para incrementar na produtividade do rebanho, atender as novas exigências do consumidor, somado a novas tecnologias que possa tornar o sistema de produção mais eficiente e viável economicamente, conseguindo assim, produzir carne de qualidade diferenciada e com alto valor agregado ao produtor.

Diante deste novo cenário, uma das estratégias utilizadas pelos produtores é o investimento genético em raças que apresentam alta predisposição para deposição de gordura intramuscular (MAR), com por exemplo a raça Aberdeen Angus, já ocupa o segundo maior rebanho de corte (ASBIA, 2021). Outra raça com predisposição de deposição de gordura intramuscular (MAR), que vem se destacando nos últimos 30 anos, com rebanho pouco expressivo no Brasil, é a raça Wagyu Kuroge (ABCBRW,2023).

Com essas estratégias utilizadas por produtores e indústria, pretende-se atender um novo nicho de mercado diferenciado, onde os consumidores estão preparados a pagar um preço mais alto por produtos de melhor qualidade, em especial com maior deposição de MAR, visto que este atributo está diretamente associado ao sabor. De acordo com relato do autor Gorraiz et al. (2002) o atributo sabor é o principal na avaliação do consumidor.

Ainda assim, para que a atividade da pecuária de qualidade se torne rentável ao produtor, há uma necessidade de receber uma bonificação (remuneração) na indústria frigorífica pela melhor qualidade de carne dos animais, tendo essa bonificação como estímulo para adotar práticas que melhorem a qualidade da carne como, como por exemplo a castração dos machos, uso de raças especializadas, a utilização de confinamento para terminação de animais, abate de animais jovens, com acabamento de carcaça desejável e deposição de MAR. No entanto, se a indústria frigorífica não criar critérios bem estabelecidos de bonificação que estimulem financeiramente o produtor, este não terá estímulo suficiente em produzir animais que proporcionarão carne de melhor qualidade, com adequada deposição de gordura

subcutânea e escore de deposição de gordura intramuscular, por exemplo, pois implicará em maiores custos de seleção genética, biotecnologias e nutrição.

O banco de dados de touros, progênes e características associadas a qualidade de carne da raça Wagyu Kuroge existentes são dados gerados por criadores da raça e pela Associação Brasileira dos Criadores de Bovinos das Raças Wagyu, por meio do controle de genealogia e do Programa Carne Wagyu Certificada.

Diante disso, faz-se necessário um estudo das relações existentes entre as características de carcaça e da carne de diferentes progênes da raça Wagyu, a fim de obter um maior esclarecimento e caracterização da carcaça e dos atributos de qualidade de carne.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MELHORAMENTO GENÉTICO EM BOVINOS DE CORTE

De modo geral, existem dois métodos não mutuamente exclusivos que podem ser usados no melhoramento genético dos rebanhos: a seleção dentro de raças e o cruzamento entre raças. Tanto as diferenças dentro de raças quanto aquelas entre as raças são importantes, razão pela qual a taxa de progresso genético pode ser maximizada pela combinação dos dois métodos (CUBAS et al., 2001).

De acordo com Wheeler et al (2001), diferenças entre raças em características de produção são uma importante fonte genética para melhorar a eficiência de produção e a composição e a qualidade da carne.

Porém, para o produtor receber bonificação (remuneração) máxima em programas de bonificação da indústria frigorífica, ou alto valor agregado na comercialização de cortes cárneos pelo próprio produtor, é preciso selecionar dentro de raças, linhagens com as características desejáveis que causam maior impacto econômico e cujo produto seja capaz de manter alto nível de produção dentro do sistema empregado.

Os trabalhos de pesquisa realizados no Japão, o peso vivo médio e de rendimento de carcaça foram respectivamente, 725 kg de peso vivo e 470 kg de carcaça para a raça Wagyu Kuroge abatidos aos 26 e 30 meses de idade. As carcaças dos animais eram compostas por 47,7% de músculo, 41,7% de gordura e 10,6% por ossos (Gotoh et al., 2009). De modo geral, os resultados destes trabalhos japoneses, revelam que os animais Wagyu Kuroge possuem excelentes características produtivas de carcaça e carne.

Entretanto, a seleção dentro da raça também é uma ferramenta muito utilizada no melhoramento genético de bovinos de corte, e a rapidez da mudança genética depende da herdabilidade da característica, da intensidade de seleção, e intervalo entre gerações. Portanto, o resultado da seleção depende basicamente da variabilidade genética existente na população, porque esta determina a intensidade da seleção.

2.2 VARIABILIDADE GENÉTICA NOS REBANHOS

A variabilidade genética no rebanho consiste em toda a capacidade de se promover a seleção, e conseqüentemente melhoramento genético. Os programas de melhoramento genético possuem com principal função buscar maior produtividade dos rebanhos, pois objetivam identificar animais que sejam mais eficientes em produzir carne (NOTTER,1999).

Entretanto, à medida que se realiza um programa de seleção eficaz, e que este se perdura por muitas gerações mantendo-se o mesmo critério de seleção, há uma diminuição no nível de variabilidade genética como resultado do incremento de homozigose. Este fato pode gerar estreitamento da base genética, ou seja, diminuição do potencial produtivo do material genético.

Desta forma, os valores de variabilidade presentes em uma população podem ser importante ferramenta para tomada de decisão a respeito do aproveitamento dos recursos genéticos presentes, além da contribuição na seleção e nos acasalamentos dos animais.

Devido à alta relevância da raça Wagyu, para a contribuição na produção de carne de qualidade brasileira, realizou-se um estudo para identificar suas principais linhagens e fatores de contribuição nas características de carcaça e qualidade de carne. O termo linhagem refere-se a determinados reprodutores que tiveram uma contribuição significativa para a composição genética dos atuais rebanhos multiplicadores e disseminadores de material genético importado, denominados genearcas. Com base em um conjunto de animais pertencentes a rebanhos que podem ser considerados como os principais responsáveis pela introdução e/ou difusão do material genético da raça Wagyu Kuroge no mundo, foram identificadas quatro linhagens: Alto % Tajima, 100% Tajima, Itozakura, Hiroshima.

De acordo com a Associação Brasileira de Wagyu, existem variações genéticas de desempenho, caracterização de carcaça e qualidade de carne das linhagens fundadoras no Mundo (ABCBRW,2023).

Apesar do reduzido número de genearcas responsáveis pela formação do Wagyu Kuroge brasileiro, há evidências de diferentes perfis genéticos entre as linhagens, de acordo com o critério de seleção empregado (ABCBRW,2023).

Portanto, identificar diferenças no perfil genético de cada linhagem possibilita direcionar os acasalamentos, otimizando-os e conseqüentemente, alcançando

maiores progressos genéticos nas características relevantes para a seleção e evitando altos níveis de endogamia no rebanho ou na raça. Outro fator proveniente dos acasalamentos direcionados são o aumento da variabilidade genética aditiva e a sustentabilidade da raça, evitando-se a necessidade, a médio ou longo prazo, da incorporação extra de genes com uso de outras raças ou importação de reprodutores sem qualquer tipo de avaliação genética (LOBO et al., 2003).

Haja vista, há necessidade de se conhecer a constituição genética da população, através de análises de características produtivas e de desempenho dos animais, para melhor entendimento da variabilidade genética, e principalmente, sua importância na seleção dos animais.

2.3 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE COMPONENTES CARCAÇA

O bovino possui um conjunto de características relativamente grande, medidas em diferentes fases da vida, que devem ser avaliadas em programas de seleção. No entanto, é necessário medir de forma objetiva, características de importância econômica e produtiva, visando estimar seu impacto sobre a eficiência de produção e de produtividade para futura tomada de decisão.

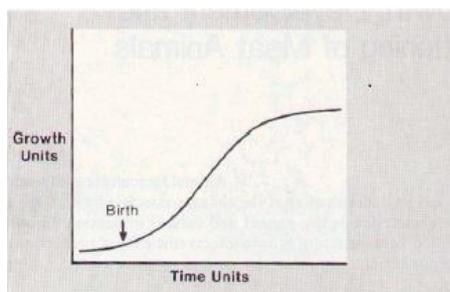
O crescimento e o desenvolvimento de bovinos de corte têm recebido especial atenção de pesquisadores de diversas áreas do Brasil e no Mundo. Nos programas e melhoramento genético animal, as características ligadas ao crescimento estão sempre primeiro lugar e são as que recebem maior ênfase em índices de seleção aplicados em bovinos de corte (OLIVEIRA, 2023).

Portanto, o critério mais utilizado na seleção de agrupamento genético tem sido o acelerado crescimento dos tecidos ósseos, muscular e adiposo, pois os criadores de bovinos de corte visam uma produção econômica que está estritamente relacionada com o rápido crescimento animal (LUCHIARI FILHO, 2000).

O crescimento do animal se constitui com o aumento do tamanho ou peso e ainda, mais precisamente, pode ser considerado como o acúmulo dos tecidos corporais durante a vida do animal. Os tecidos de maior relevância para a cadeia da carne seriam os da carcaça, ou seja, músculo, osso e gordura.

A curva típica de crescimento ao longo da vida de um animal apresenta uma forma sigmóide (Figura 1), e é representada por dois segmentos: o primeiro caracterizado por um crescimento acelerado, até atingir o ponto de inflexão da curva

que representa o ponto em que a taxa de crescimento é máxima. A junção entra as duas fases ocorre durante a puberdade do animal, e partir deste ponto, em um segundo segmento, passa a haver uma diminuição no crescimento com um aumento crescente na taxa de deposição de gordura (LUCHIARI FILHO, 2000). Ainda, segundo Lanna (1997), o crescimento pode ser medido pelo aumento de peso vivo por unidade de tempo.



Fonte: Boggs e Merkel (1990)

Figura 1 -Curva de crescimento

Ademais, o crescimento apresenta características alométricas, ou seja, diferentes tecidos e partes do corpo apresentam taxas de crescimento variáveis ao longo do período de crescimento (BERG & BUTTERFIELD, 1796).

Desta forma, as curvas de crescimento dos componentes mais importantes da carcaça (músculo, osso e gordura) demonstram que as quantidades dos tecidos muscular e ósseo possuem uma velocidade de crescimento proporcionalmente menor que a carcaça, enquanto o tecido adiposo apresenta um comportamento contrário. À vista disso, o teor de gordura na carcaça aumenta com a idade mais avançada do animal, sendo que estas curvas variam entre indivíduos (Figura 2).

Geralmente, as raças europeias continentais produzem carcaças mais magras e com maior proporção comestível (LUCHIARI FILHO, 1986). De acordo com o mesmo autor, o sexo também influencia a distribuição da musculatura na carcaça, sendo que essa diferença se torna mais evidente à medida que o animal cresce.

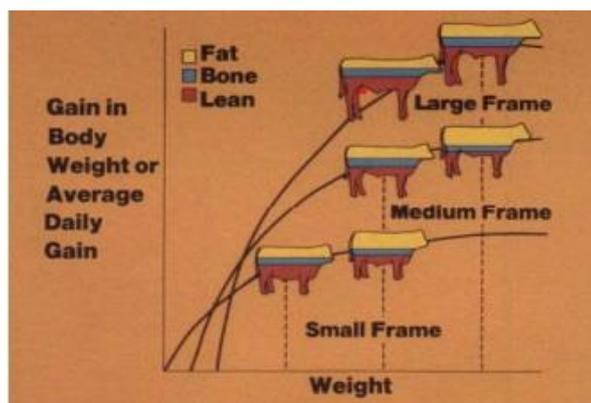
A eficiência de crescimento em bovinos de corte é avaliada através da: taxa de ganho e composição química dos tecidos depositados. Quanto maior a taxa de ganho, maior a eficiência de conversão em função da diluição das exigências de manutenção, que são constantes. Portanto, a eficiência de ganho de peso nas várias fases da curva de crescimento, é um dos fatores mais importantes para determinação de peso de abate. (BULLOCK, 1993).

No entanto, existe a necessidade de se conhecer as taxas de crescimento dos tecidos e os fatores que as regulam. Tais taxas, podem ser modificadas ao longo da vida e são influenciadas por fatores como peso, idade, nutrição, genética (raça e tamanho corporal), sexo, utilização de hormônios exógenos e manipulação do genoma (LANNA,1997) e podem alterar a quantidade e qualidade da carne.

Outro fator ligado ao crescimento e desenvolvimento do animal de importância para qualidade da carcaça é a distribuição do tecido adiposo. Da mesma maneira que o esqueleto se desenvolve antes da musculatura, com o acúmulo de gordura ocorrendo por último, os depósitos de gordura apresentam algumas variações temporais. De tal modo, os depósitos adiposos desenvolvem-se na seguinte ordem: perirenal e interna, intermuscular, subcutânea, e finalmente a gordura intramuscular. Esta última caracteriza a gordura de marmorização, fator importante na classificação de qualidade do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

Entretanto, diferenças genéticas ocorrem na composição das carcaças. Algumas raças iniciam a deposição de gordura em pesos vivos menores e outras em pesos vivos mais altos. Encontra-se variação na taxa de engorda dentro da mesma raça, mas a maior diferença está aparentemente relacionada com o período de início da fase de deposição de gordura.

Entende-se que, ponto de vista genético, a taxa de maturação (rapidez com que os animais atingem a composição corporal adulta) é o fator mais importante na regulação da quantidade de deposição de gordura até a maturidade. Em vista disso, a forma da curva de crescimento está diretamente ligada com a taxa de deposição de gordura. Comumente, animais com maturidade mais precoce possuem um menor tamanho adulto, e conseqüentemente entram na fase de deposição de gordura (engorda) com menores pesos (BERG & BUTTERFIELD,1976), como demonstra a figura 2.



Fonte: Kansas State University

Figura 2- Curva de crescimento de animais de diferentes tipos fisiológicos.

O sexo do animal, possui influência na taxa de deposição de gordura na carcaça. Em cada tipo biológico e sob boas condições de alimentação e manejo, as novilhas tornam-se fisiologicamente maduras cerca de 3 meses mais cedo que os novilhos. Estes, por sua vez, estão maduros 3 meses antes dos machos não castrados (BARBOSA, 1995). Portanto, existe a necessidade de estabelecer pesos de abate de acordo com tamanho da estrutura corporal, o grau de musculatura e o sexo do animal.

Portanto, o plano nutricional é provavelmente o fator mais importante que afeta a composição da carcaça, pois está intimamente relacionado com a quantidade de gordura corporal (LUCHIARI FILHO, 1986). Andersen & Ingvarsen (1984a, 1984b), demonstram que quando se reduziu em 30% o nível de ingestão de energia houve uma redução na deposição de gordura na carcaça de 22,35% para 10,26% em machos inteiros e de 29,05% para 19,1% em machos castrados.

Conseqüentemente, de acordo com Block et al. (2001), o manejo alimentar pode ser utilizado como uma ferramenta para alterar a composição da carcaça de acordo com os objetivos propostos.

Neste contexto, o conhecimento da curva de crescimento e bovinos de corte é de extrema importância, pois fornece informações relevantes para o estabelecimento de planejamentos estratégicos de manejo e boas práticas de alimentação (BULLOCK et al., 1993; ARRIGONI et al., 1998; MAHER et al., 2004), contribuindo para o processo de tomada de decisão sobre a adoção de determinada tecnologia.

2.4 MÉTODOS UTILIZADOS PARA ESTIMAR A COMPOSIÇÃO DA CARÇAÇA

Muitos métodos são utilizados para estimar a composição da carcaça. Todavia, de acordo com Luchiari Filho (1986), o método mais adequado para estimar a composição corporal deve ser preciso, com boa repetibilidade, facilmente conduzido, barato e aplicável a animais de diferentes idades, tamanhos corporais, escores musculares, raças, sexos e graus de acabamento.

De acordo com Boggs e Merkel (1990) e Luchiari Filho (2000), a área de olho de lombo (AOL), medida entre a 12^a e a 13^a costelas é utilizada como indicador de composição da carcaça. Esta medida tem correlação satisfatória com relação a musculabilidade e como indicador de rendimento dos cortes de alto valor comercial. Luchiari Filho (2000), relata também que esta característica tem relação positiva com a porção comestível da carcaça.

Na medida de espessura de gordura subcutânea, medida a $\frac{3}{4}$ da borda medial, sobre o músculo *Longissimus dorsi*, é eficiente indicador de acabamento da carcaça (Hedrick, 1983). De acordo com Wilson (1992), a espessura de gordura subcutânea tem correlação alta e positiva com a porcentagem de gordura de recorte e negativa com a porcentagem de carne magra da carcaça.

Além disso, a gordura subcutânea tem relevante importância na industrialização da carne, pois ela tem a função de isolante térmico durante o processo de resfriamento da carcaça, que deve ser feito de forma lenta e gradual para não causar encurtamento de fibras musculares, e como consequência, o endurecimento da carne. A escassez de gordura de cobertura também causa uma perda excessiva de água ocasionando, além da perda de peso, o escurecimento da carne durante o período de resfriamento. Entende-se que para esta “cobertura” seja eficiente ela tem que apresentar espessura mínima de pelo menos 3 mm e uma distribuição homogênea sobre a carcaça (Hedrick, 1983).

De acordo com Berg e Butterfield (1976) a deposição de gordura ocorre primeiramente no traseiro e dianteiro, avançando em direção a coluna vertebral, descendo posteriormente para a parte inferior das costelas.

Para as características de carcaça as mesmas apresentam estimativas de herdabilidade moderada a alta (ao redor de 30 a 50%), o que justifica a seleção de

animais positivos para estas características dentro das raças em programas de melhoramento genético (ARAUJO, 2003).

2.5 QUALIDADE DA CARNE

As principais características sensoriais da carne são a cor, textura, suculência, sabor, odor e maciez, e estas podem ser influenciadas por diversos fatores que se interrelacionam dentro da cadeia produtiva, desde a concepção do animal até a obtenção do produto final (LUCHIARI FILHO, 2000), tais como a genética, sexo, manejo alimentar, sistema de produção, idade ao abate, manejo pré-abate, métodos de processamento da carcaça e da carne, fatores intrínsecos aos músculos e ao metabolismo animal e, até mesmo, o modo de preparo do alimento.

A gordura intramuscular é a gordura depositada entre as fibras individuais de cada músculo. Ressalta-se que a avaliação da quantidade de gordura intramuscular consiste em um indicador da distribuição e desenvolvimento das partes, bem como da quantidade de marmorização (USDA,1999). O escore de marmorização, tem sido de grande interesse no setor de carne bovina, como indicador da gordura intramuscular (Thompson et al., 2004).

A MAR está diretamente associada à palatabilidade e suculência da carne (Strong, 2004; Plater et al., 2003), características estas altamente almejadas pelos consumidores de carne de alta qualidade. Além disso, este atributo tem sido correlacionado com a maciez da carne, devido seu efeito de diluição do tecido conjuntivo (perimísio) (Mc Cormick, 1994). No entanto, pesquisas posteriores comprovam que a presença de marmorização na carne tem sutil influencia na maciez da carne, variando entre 10 ou menor que 15% (Koohmarie,2003). Por outro lado, pelo fato de ser extremamente importante no aspecto palatabilidade (sabor e suculência) é associada em diversos sistemas de classificação de carcaças, tornando-se um importante fator de qualidade (Whipple et al., 1990).

No início da década de 1980, o conteúdo de MAR no músculo *Longissimus thoracis* entre a 12ª e 13ª costela, apresentava-se como a categoria de maior qualidade para abundância da marmorização (31,7%) (Ozutsumi, Ando, Ikeda, Nakai, Chikuni, 1985) e a deposição de gordura intramuscular no mesmo músculo, carcaças com escore de marmorização, a terceira maior categoria para abundância de marmorização foi de 26,1% no início da década de 1990 e 40% em 1998 (Cameron et

al., 1994, Ueda et al., 2007). Em 2015, foi de mais de 40%, mesmo nas carcaças com escore de marmorização nº 9 (Iida, Saitou, Kawamura, Yamaguchi & Nishimura, 2015).

Destaca-se que o elevado teor de MAR melhora a textura e a suculência da carne bovina e, portanto, a aceitabilidade da carne. Foi observado, por meio da avaliação sensorial, um aumento no teor de gordura (variação de 23,8% a 48,6%) com aumento da maciez e suculência (Iida, Saitou, Kawamura, Yamaguchi & Nishimura, 2015). Da mesma forma, o músculo *Longissimus thoracis* de bovinos Wagyu kuroge com 25,8% de gordura intramuscular apresentou maior suculência, quando comparado ao teor de 23,2% de gordura intramuscular e a maior suculência aumentou a aceitabilidade geral da carne bovina (Okumura et al., 2007).

Neste contexto, a alta capacidade de deposição de gordura intramuscular tende a ser a característica de maior destaque em animais da raça Wagyu (Yoshinaga et al., 2021).

De acordo com os estudos realizados por Fu et al. (2018) e Liu et al. (2021) foi demonstrado que bovinos da raça Wagyu apresentaram maiores diâmetros médios de fibras musculares quando comparados aos da raça Angus. Tal fato pode ser explicado devido ao maior escore de gordura intramuscular, o qual pode ter diluído a densidade miofibrilar e, conseqüentemente, compensa o efeito do aumento do diâmetro muscular na maciez (Fu et al., 2018; Liu et al., 2021).

Apesar do destaque da raça Wagyu para deposição de gordura, os consumidores não são necessariamente favoráveis ao teor de marmorização excessivo nesta carne, visto que Saitou, Kawamura, Yamaguchi, Nishimura (2015) relataram que, um aumento no teor de gordura bruta reduz o teor de proteína bruta e reduz ligeiramente o conteúdo de componentes umami (ácido nucleico e ácido glutâmico). Os mesmos autores destacaram que o aumento do teor de deposição de MAR em até aproximadamente 36% aumentou as intensidades de sabor umami e carne bovina e por conseqüência a aceitação geral na avaliação sensorial.

Também é importante relatar que o teor de MAR varia de acordo com a idade, a dieta e o tipo de raça. A deposição da gordura aumenta com o período em bovinos são alimentados com grãos e a pasto. Porém, a taxa de aumento no teor de gordura de bovinos alimentados com grãos é mais rápida quando comparadas àqueles que receberam pastagens (Smith, Gill, Lunt e Brooks, 2009). Bovinos Wagyu Kuroge,

alimentados com uma dieta rica em concentrado durante todo o período de engorda (de 10 a 30 meses de idade) no Japão apresentam maior expressão de fatores de transcrição adipogênicos nos adipócitos subcutâneos e intramusculares, do que àqueles alimentados com uma dieta rica em volumosos (Yamanda & Nakanishi, 2012).

Nesse sentido, é constante a busca pela compreensão dos aspectos que podem influenciar a qualidade da carne, controlando os diversos fatores pré e pós abate, para a obtenção de um produto que atenda às expectativas de diferentes nichos de mercado e que seja economicamente viável.

3 HIPÓTESES

Há diferenças no desempenho, qualidade da carcaça e carne de progênes provenientes de diferentes linhagens da raça Wagyu Kuroge, terminadas em condições tropicais.

4 OBJETIVOS

Objetivou-se caracterizar as progênies de touros representativos das principais linhagens da raça Wagyu Kuroge, terminadas em confinamento, sob condições tropicais.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo é parte do Projeto Universal chamada CNPQ/MCTI/FN aprovado, sob nº 403125/2021, Laboratório de Ciência da Carne da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia e da Yakult S.A Indústria e Comércio, aprovado pela CEUA com protocolo nº 9058100820.

Para o estudo foi considerada a raça Wagyu Kuroge, dividida em 4 touros, selecionados do banco germoplasma da Fazenda, que representam as principais famílias dos ancestrais da raça Wagyu Kuroge no mundo. São elas: Itozakura, 100% Tajima, Hiroshima e Alto % Tajima, as quais foram representadas pelos touros: Kenhanafuji, Itoshigenami, Itozurudo e Gengiro (Quadro 1), respectivamente. Foram selecionadas 10 progênes (machos) de cada touro, das famílias citadas acima. Os animais foram agrupados em função do peso vivo inicial e da idade, sendo mais próximo possível.

Quadro 1 – Grupo genético das principais linhagens Wagyu Kuroge

	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
Linhagens	Shimane, Linhagem Itozakura	100% Tajima	Kedaka, Okayama, Linhagem Hiroshima	Alto 100% Tajima
Tamanho	+++	+	+++	++
Marmorização	+	+++	++	+++
Habilidade Materna	+++	+	+++	++
Principais linhagens da raça Wagyu Kuroge no Brasil e seus respectivos grupos				
	Itohana	Itoshigenami	Hirashigetayasu	Haruki 2
	Itomoritaka	Kikuterushige	Itomichi ½	Monjirou
	Kenhanafuji	Kikutsurudo	Itoshigefuji	TF Fukutsuru004
	Mitsuhikokura	Kikuyasu 400	Itozurudo	Gengiro
	TF Kinto	Kitateruyasudo		
		Michifufu		
		Terutani		

		Yasufuku Jr.		
--	--	--------------	--	--

Fonte: Japão, 1986

5.1 Manejo dos animais, dietas e instalações

A parte inicial do experimento foi realizada no confinamento da Fazenda Yakult, localizada no município de Bragança Paulista – SP. Foram utilizados 40 bovinos, machos, castrados da raça Wagyu Kuroge terminados em confinamento com idade média inicial de 16 meses e peso vivo inicial de aproximadamente 450 kg, pertencentes ao programa carne Wagyu Certificada. Todos os animais nasceram na fazenda e foram criados a pasto com as vacas até os 6 meses de idade, foram desmamados, castrados cirurgicamente e recriados em sistema de semi confinamento, recebendo concentrado, silagem de milho, massa de soja e feno na dieta mesma fazenda, formando grupo contemporâneo. Ao atingirem dezesseis meses de idade, os animais foram encaminhados para o confinamento em galpão coberto, divididos em 4 baias com metragem 2,60 x 1,30 m² e distribuídos em 4 tratamentos, (10 machos castrados linhagem alto % Tajima, 10 machos castrados linhagem 100% Tajima, 10 machos castrados linhagem Itozakura, 10 machos castrados linhagem Hiroshima) por um período de aproximadamente 666 dias.

Durante o período experimental, os animais foram mantidos nas condições de manejo, pesados, desverminados, vacinados (raiva, clostridiose e aftosa), identificados individualmente em relação aos tratamentos e mantidos em baias cobertas 2,60 x 1,30 m² com cochos e bebedouros, onde todos receberam a mesma dieta *ad libitum*.

A ração utilizada durante o período de confinamento de 666 dias foi formulada segundo as exigências do National Research Council (NRC, 2016). A composição da ração foi de 49% de concentrado e 51% de volumoso a base de silagem de milho, soja, tifton e minerais oferecido ao longo do dia totalizando 2 tratos (tabela 2).

Tabela 2: Ingredientes, composição química e nutricional da dieta que será utilizada no confinamento, com base na matéria seca

Ingrediente (% matéria seca)	Terminação
Tech Corte YKLT Te	45,20
Silagem de Milho	46,59
Massa de soja	3,44
Feno de Tifton	3,99
Tech Sal 80¹	0,78
Nutriente (% matéria seca)	Níveis nutricionais
Matéria seca (%)	40,21
Proteína bruta	12,91
Nutrientes digestíveis totais	69,13
Extrato etéreo	3,38
Cálcio	0,98
Fósforo	0,54
Fibra detergente neutro	30,05
Nitrogênio não proteico	1,36

Estimada pelo Programa RLM®

¹Fósforo, cálcio, magnésio, enxofre, sódio, zinco, cobre, manganês, ferro, cobalto, iodo, selênio. Níveis de garantia por quilograma do produto: Fósforo 80g; Cálcio 190g; Magnésio 5.000 mg; Enxofre 10g; Sódio 107g; Zinco 4.020 mg; Cobre 1.103 mg; Manganês 1.595 mg; Ferro 400 mg; Cobalto 40 mg; Iodo 75mg; Selênio 25mg

Ao final do período experimental de 666 dias os animais foram transportados para o frigorífico, com distância de 450 km, no Estado de São Paulo.

5.2 Abate, desossa e coleta das amostras

Em frigorífico, comercial, sob fiscalização do Serviço de Inspeção Federal (SIF70), os animais permaneceram separados em currais de espera, foram submetidos ao jejum sólido de 16 horas, tendo acesso à dieta hídrica até o momento do abate. O abate foi realizado de acordo com os procedimentos de abate humanitário,

seguindo os padrões do Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RISPOA (Brasil, 2017) e o Regulamento técnico de Métodos de Insensibilização para abate Humanitário de Animais de Açougue (BRASIL, 2000).

Os bovinos foram insensibilizados por meio de atordoamento com pistola pneumática penetrante, seguido imediatamente da sangria pela secção dos grandes vasos do pescoço e em seguida foi realizada a esfolagem, evisceração e lavagem das carcaças. Após a toalete, cada meia carcaça foi identificada individualmente, classificadas quanto ao acabamento das carcaças, pesadas, peso da carcaça quente, (PCQ), para o cálculo do rendimento de carcaça quente (RCQ, %). Esta avaliação foi realizada para obtenção do rendimento de carcaça, em porcentagem do PCQ, em relação ao peso vivo. Após os procedimentos, as carcaças permaneceram em câmara de resfriamento 0 a 2°C, durante 48 horas.

Após 48 h pós abate, foi avaliado o valor do pH entre a 12ª e 13ª costela no músculo *Longissimus thoracis* das carcaças, usando-se um peagômetro digital com sondas de penetração (*Hanna Instruments*®, modelo HI 99163). Durante a desossa, cada meia carcaça esquerda foi serrada entre a 12ª e a 13ª costelas, para avaliação da área de olho de lombo (AOL, cm²), da espessura de gordura subcutânea (EGS, mm) e do escore de marmorização.

A espessura de gordura subcutânea (EGS) foi avaliada a ¾ da distância entre a parte medial da espinha dorsal e a parte lateral da AOL, utilizando um paquímetro digital 6" (*Amatools*®, modelo ZAAS *Precision*).

Para AOL foi utilizada uma régua quadriculada específica, com escala em cm², pelo método quadrante e pontos. Durante a desossa foram coletadas amostras de 2,54 cm de espessura do músculo *Longissimus thoracis* para análises de cor, comprimento de sarcômero, perdas por cocção e maciez objetiva (0 e 14 dias de maturação). Foram coletadas também amostras de 1 cm de espessura para as análises de quantificação de lipídios totais, quantificação de colágeno total, termosolúvel e insolúvel.

As amostras foram coletadas, identificadas, embaladas individualmente a vácuo e armazenadas a -20°C.

Para as análises de maciez objetiva, as amostras foram maturadas por zero, e

14 dias a 0°C. As amostras destinadas ao processo de maturação foram embaladas a vácuo no momento da desossa, em plástico polietileno (Cryovac®, Charlotte, NC) e mantidas em temperatura de $2 \pm 1^\circ\text{C}$, em câmara de maturação. Em seguida, foram transferidas para freezer a -20°C.

5.3 Análises qualitativas da carne

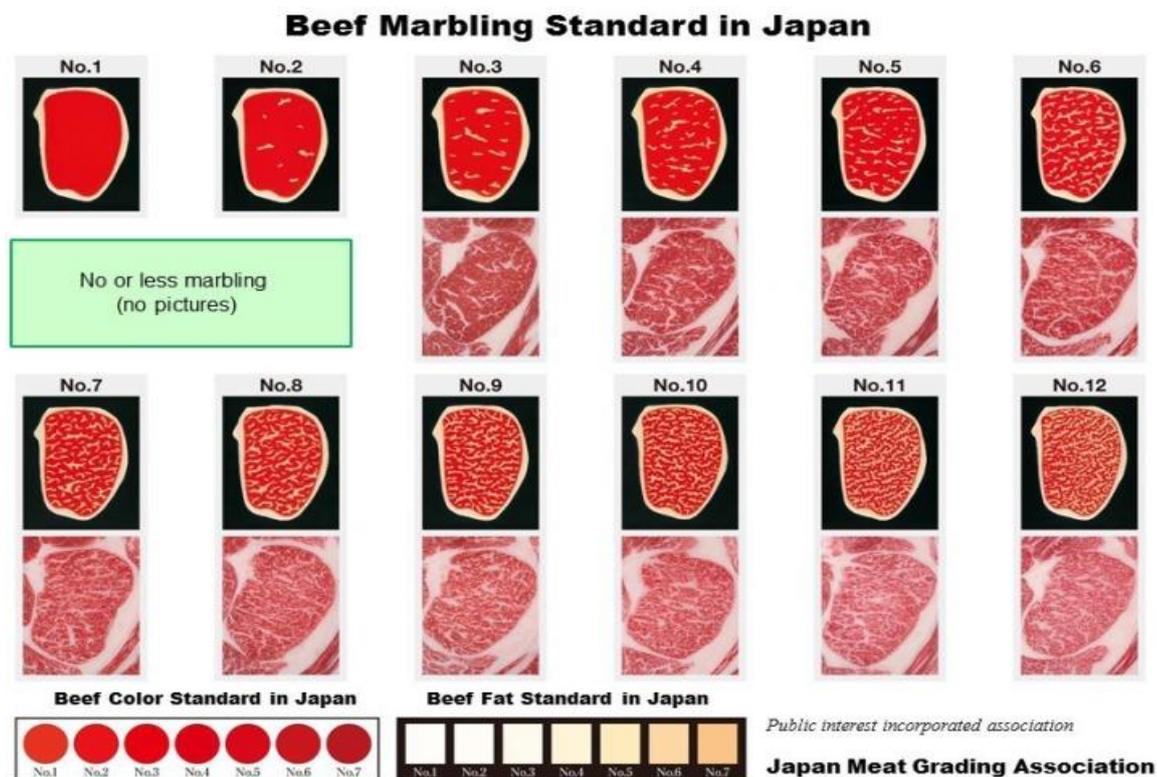
Foram coletadas seis amostras do músculo *Longissimus thoracis* para análises qualitativas: cor da carne, perdas por cocção maciez objetiva (maturadas por zero, e 14 dias a 2°C) comprimento de sarcômero, quantificação de lipídios totais, quantificação de colágeno total, termossolúvel e insolúvel.

5.3.1 Cor

Para as análises de cor, foram utilizadas amostras de 2,5 cm de espessura do músculo *Longissimus thoracis* de todos os animais, totalizando 40 amostras. As amostras foram descongeladas em refrigerador doméstico do laboratório por 24 horas. Após o descongelamento as amostras foram expostas ao oxigênio por 30 minutos, em temperatura controlada (0 a 2°C), com finalidade de *blooming*, conforme descrito no guia Meat Color Measurements Guidelines Handbook (AMSA,2012). Com o calorímetro portátil, foi realizada leitura em 3 pontos distintos das amostras, para avaliação dos componentes L* (luminosidade), a* (componente vermelho-verde) e b*(componente amarelo-azul). Os valores de cor foram considerados como média de três leituras (HOUBEN et al., 2000).

5.3.2 Escore de marmorização

A classificação de marmorização foi realizada por meio de uma análise de score visual subjetivo (Japan Meat Grading Association), com existências de depósitos de gordura entre as fibras musculares, cuja classificação foi determinada por escala de pontos. Os escores de ordem crescente de porcentagem de gordura intramuscular variam de 1 a 12, que consistem em 1-ruim, 2-regular, 3-4 médio, 5-7 muito bom, 8-12 excelente (Kuchida et al., 2000) (Figura 3).



Fonte: Japan Meat Grading Association

5.3.3 Maciez objetiva e perdas por cocção

Os procedimentos para cocção dos bifes destinados a força de cisalhamento serão realizados segundo a AMSA (2016) com utilização de um texturômetro Brookfield® CT_3 Texture Analyser (Brookfield, EUA), equipamento com lâmina Warner-Bratzler, conforme metodologia proposta por Wheeler et al. (2001). Para as análises de perdas por cocção (PPC) foram determinadas pela diferença de peso antes e depois do cozimento [$PPC = (P_i - P_f) / P_i$], expressa em %, conforme proposto por Honikel (1998).

As amostras foram descongeladas em refrigerador doméstico do laboratório e pesadas de forma individual antes de serem encaminhadas ao forno elétrico.

As amostras foram assadas em forno elétrico a 163°C até atingirem a temperatura interna do bife de 71°C. As temperaturas dos bifes foram avaliadas, por meio de um sistema de termopares com termômetro individuais, que foram inseridos nos bifes até seu centro geométrico. Logo em seguida, os bifes foram resfriados por 24 horas, em refrigerador doméstico a 4°C. Posteriormente, foram retirados cilindros de 13mm de diâmetros e cada bife, com um vazador elétrico (WHEELER et al., 2001). Para

determinação da força de cisalhamento, foi considerado para cada bife o valor médio obtido entre os seis cilindros.

5.3.4 Comprimento de sarcômero

Para análise de comprimento de sarcômero foi utilizado o método indireto, difração de raio laser (Sarcl). As amostras do músculo *Longissimus Thoracis* foram fixadas por aproximadamente horas em solução de 5% de glutaraldeído contendo 0.1 M de Na₂HPO₄ com pH 7,2 e temperatura aproximada de 10°C. Após um período de 4 horas as amostras foram lavadas em solução de sacarose 0,2M e pH7,2 a mesma temperatura de refrigeração (10°C).

Em seguida foi iniciado o preparo das amostras. Com auxílio da pinça e bisturi, uma porção de cada amostra, com dimensão de 2x2x1 cm, foi seccionada no sentido das fibras musculares e colocada em um frasco de vidro pequeno. A solução de glutaraldeído foi adicionada a cada frasco até cobrir a amostra e mantida por refrigeração por 4 horas. Após as 4 horas, a solução de glutaraldeído foi descartada e substituída pela solução de sacarose até cobrir amostra.

Com auxílio de pinças, foi removido um pequeno fragmento de fibras musculares e colocado em uma lâmina para microscopia de 26 x 76 mm. As fibras musculares foram separadas, com auxílio de pinça até obter 10 pequenos fragmentos. Adicionou-se uma gota da solução de sacarose a lâmina e uma lamínula de 22 x 22 mm foi colocada sobre amostra.

As lâminas foram levadas ao equipamento de feixe de laser de hélio e neônio (Spectra Physics Inc., Modelo 117^a, CA, EUA) com comprimento de onda de 632,8 nm e as miofibrilas foram posicionadas sob luz do laser para formação do padrão de difração. Foram medidos os padrões de difração de 10 milímetros por lâmina, com auxílio de um paquímetro digital. Os valores em milímetros foram utilizados para calcular o comprimento dos sarcômeros em micrômetros, conforme equação 1:

$$\mu m = \frac{0,0006328xDx\sqrt{\frac{T^2}{D^2} + 1}}{T} \times 1000,$$

Onde “D” é a distância em (mm) entre a lâmina e o local de medição, e “T” é a distância medida entre 2 bandas de difração (mm)

5.3.5 Quantificação de Colágeno Total, termosolúvel e insolúvel

O colágeno e suas frações foram quantificados pela determinação do aminoácido hidroxiprolina, segundo metodologia proposta por Woessner Junior (1961).

Para a extração, foram utilizadas amostras de 1,5 g do músculo *Longissimus thoracis* previamente liofilizadas por um período de 48 horas, colocadas em tubos plásticos com 12 mL de solução salina tamponada, homogenizadas em ultraturrax a 1200 rpm e submetidas a banho maria por 60 minutos a 80°C e então centrifugadas 6000 XG a 2°C por 10 minutos. O sobrenadante foi filtrado e se adicionou 30ml de 6N HCl e ao resíduo foram adicionados 20ml de 6N HCL e 8ml de água destilada.

As amostras de sobrenadante foram submetidos a digestão em estufa de circulação de ar a 110°C por 16 horas (CROSS *et al.*, 1973). Após a digestão das amostras, foi adicionado carvão ativado e em seguida, foram filtradas para posterior ajuste do pH (6,5 a 7,0). Uma vez regulado o pH das amostras, foram filtradas em balão de 100 ml as amostras do sobrenadante e em balão de 250 ml as amostras do resíduo. Posteriormente, o volume dos balões foi completado com água destilada.

Foram realizadas as leituras das amostras, em tubos de ensaio com 1mL de amostra (sobrenadante e resíduo nos balões), onde foi adicionado isopropanol e solução de oxidante (cloramina T/solução tampão citrato), em seguida, a mistura foi homogeneizada e deixada em repouso por 4 minutos. Posteriormente, a mistura recebeu a solução de Ehrlich (p-46 Dimethylaminobenzaldehyde/ácido perclórico 70%) e da mesma forma homogeneizada e deixada em repouso durante 4 minutos. Após o período de repouso, as amostras foram levadas a banho-maria por 25 minutos a 60oC. Posteriormente, as amostras foram retiradas do banho, resfriadas e feitas as leituras em espectrofotômetro no comprimento de onda de 560nm.

Os valores de colágeno total, termosolúvel e insolúvel foram calculados por meio de equações, considerando o volume das diluições e quantidade de músculo utilizado. O sobrenadante determinou a fração de colágeno termosolúvel e o resíduo a fração de colágeno insolúvel, em mg/g. O colágeno total (mg de colágeno/g de carne), foi definido pela soma dos dois. A porcentagem de solubilidade foi calculada a partir da razão do colágeno presente na fração sobrenadante e o colágeno total.

5.3.6 Quantificação de Lipídios Totais

A análise de quantificação dos lipídios totais foi realizada apenas em amostras não maturadas do músculo *Longissimus thoracis*. As mesmas foram armazenadas a -80°C e duas horas antes, as mesmas foram transferidas para freezer doméstico a -18°C , para a realização das análises. Este processo foi utilizado a fim de evitar a oxidação e degradação das amostras. Na análise foram utilizadas amostras cruas totalmente trituradas em um processador (Modelo Mixer Walita RI1364 com microprocessador – Philips do Brasil LTDA, Divisão Walita – Varginha, Minas Gerais). Em seguida, foram pesadas 1,5 gramas de cada amostra e colocados em um erlenmeyer, no qual foram adicionados os reagentes para a extração dos lipídeos totais, de acordo com a metodologia de Bligh & Dyer (1959).

5.4 Análise Estatística

Os dados foram submetidos às análises exploratórias com objetivo de determinar a qualidade dos dados. Para as características de carcaça, carne e desempenho, foi incluído o modelo efeito fixo do tratamento (touro), o peso vivo inicial e a idade como covariável alinhando dentro do tratamento. As análises estatísticas foram realizadas empregando o procedimento MIXED do SAS®. A significância foi declarada quando $P \leq 0,05$. Os dados alcançados foram avaliados por análise de variância, para averiguar o efeito do grupo “raça” sobre as características avaliadas e abordagens uni e multivariadas, encontrando possíveis associações entre os valores dos grupos genéticos com as diferentes características avaliadas. Foram realizadas análises exploratórias dos dados, utilizando correlações simples e a criação dos grupos genéticos, comparando com os resultados das características avaliadas. Para a execução dessas análises foram utilizados os procedimentos disponíveis no software SAS (version 9.2).

6 Resultados e Discussão

6.1 Desempenho dos animais

De acordo com os resultados apresentados, não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) para as características de desempenho entre as progênies dos touros representativos da raça Wagyu Kuroge (Tabela 3).

De acordo com estudos realizados no Japão, os bovinos Wagyu são colocados em confinamento, com dieta de terminação, objetivando deposição de gordura intramuscular e são manejados para não obter GMD expressivo e com isso obter crescimento lento (Oka et al., 1998a; Gotoh et al., 2014).

De acordo com Motoyama et al. (2016), bovinos Wagyu atingiram média de GMD variando de 0,8 a 0,9 kg, provavelmente devido ao crescimento mais lento dos tecidos corporais. Ao final do período de confinamento atingiram o peso vivo médio de 750 kg. Neste presente estudo, obteve-se resultados de GMD e PVF semelhantes aos estudos conduzidos pelo Japão (Tabela 3).

Relatos do autor Rogers et al. (2002) demonstraram em seus estudos que diferentes linhagens de Wagyu, possuem taxas de crescimento semelhantes, visto que em comparação com as demais raças, bovinos Wagyu possuem maior tempo de gestação em dias (289) quando comparado com as demais raças (Oyama et al., 2004).

Ressalta-se que não existem estudos específicos comparando rendimento de carcaça e peso de carcaça quente das progênies de linhagens de Wagyu Kuroge. Entretanto, estudos conduzidos por Xie et al. (1996) comparando EGS entre bovinos Angus e bovinos Wagyu, demonstraram que não houve diferenças entre as raças.

Os bovinos da raça Wagyu apresentaram menor GMD, menor consumo de matéria seca, porém melhor conversão alimentar em comparação com bovinos da raça Angus (Radunz et al., 2009).

Wheler et al. (2004) não observaram nenhuma mudança no grau de rendimento de carcaça com a mesma espessura de gordura subcutânea, enquanto o grau de rendimento foi numericamente maior para os bovinos Wagyu em relação ao Angus red quando analisados com o mesmo peso de carcaça.

Tabela 3: Efeitos da progênie de touros representativos da raça Wagyu Kuroge sobre as características de desempenho

Variável ¹	Linhagem				P-valor
	100% Tajima	Alto % Tajima	Itozakura	Hiroshima	
GPD	0,499	0,583	0,501	0,583	0,486
EA	0,400	0,467	0,401	0,467	0,486
CA	27,964	23,553	29,657	21,771	0,177
PVF	732,180	784,480	709,750	789,290	0,092
PCQ	415,830	445,140	399,430	450,240	0,145
Rendimento de carcaça	56,503	56,502	56,293	56,801	0,991

Fonte: Própria autoria

^{a-c} Médias com diferentes sobrescritos diferem entre si nas linhas pelo teste F ($P \leq 0,05$).

¹GPD: ganho de peso diário, kg; EA: eficiência alimentar, kg; CA: conversão alimentar, kg; PVF: Peso vivo final, kg; PCQ: Peso de carcaça quente, kg; Rendimento, %

6.2 Características de qualidade de carcaça e carne

Os resultados das características de qualidade da carcaça e da carne para as progênies das principais famílias de Wagyu (escore de marmorização, pH, Espessura de Gordura Subcutânea (EGS), Área de Olho de Lombo (AOL), Cor (componentes L*, a* e b*) para amostras maturadas (T14) e não maturadas (T0), Perdas Por Cocção (PPC) para amostras T0 e T14, Força de Cisalhamento (FC) para as amostras não maturadas (T0) e maturadas por 14 dias (T14), Lipídios Totais (LT), Colágeno Total (COLT), Colágeno Solúvel (COLS), Colágeno Insolúvel (COLI) e comprimento de sarcômero são apresentados na tabela 4.

Tabela 4: Efeitos dos touros representativos da raça Wagyu Kuroge sobre as características de carcaça e qualidade de carne

Variável ^t	Linhagem				EPM	P-valor	
	100% Tajima	Alto % Tajima	Itozakura	Hiroshima			
Escore de Marmorização	6,673 ^a	4,922 ^b	4,887 ^b	7,916 ^a	0,735	0,008	
pH	5,533	5,558	5,546	5,331	0,054	0,127	
EGS	29,955 ^a	27,361 ^a	29,977 ^a	12,843 ^b	4,109	0,044	
AOL	95,353	97,798	95,762	107,690	2,896	0,518	
Cor T0	L*	42,588	42,261	43,099	40,370	0,595	0,368
	a*	21,869 ^a	18,873 ^b	17,959 ^b	17,197 ^b	1,023	0,004
	b*	18,621 ^a	16,598 ^b	17,150 ^b	15,637 ^b	0,623	0,007
Cor T14	L*	44,077	43,020	43,117	42,023	0,419	0,530
	a*	14,665	13,104	14,158	12,919	0,419	0,314
	b*	16,389 ^a	14,924 ^{bc}	16,009 ^{ab}	13,242 ^c	0,704	0,008
PPC T0	19,355	22,774	22,155	28,005	1,804	0,457	
PPC T14	20,239 ^c	28,081 ^{ab}	22,897 ^{bc}	40,122 ^a	4,407	0,018	
FC T0 kgf/cm³	4,789	5,711	4,959	4,226	0,306	0,299	
FC T14 kgf/cm³	3,559	4,265	3,842	3,792	0,1471	0,314	
LT	18,170	14,283	17,731	20,876	1,353	0,070	
Sarcômero	1,999	2,080	2,169	2,169	0,180	0,093	
Colágeno Total	3,280	3,156	2,396	4,335	0,398	0,335	
Colágeno Solúvel	13,661	11,419	8,831	14,798	1,3179	0,272	
Colágeno Insolúvel	85,572	87,745	88,142	85,191	0,748	0,353	

Fonte: Própria autoria.

^{a-c} Médias com diferentes sobrescritos diferem entre si nas linhas pelo teste F ($P \leq 0,05$).

^tEGS: espessura de gordura subcutânea, mm; AOL: área de olho de lombo, cm²; T0: amostras não maturadas; T14: amostras maturadas por 14 dias; PPC: perdas totais por cocção, %; FC: força de cisalhamento, kg; LT: lipídios totais, %

O pH, AOL, L*, (T0), L* (T14), a* (T14), PCC (T0), FC (T0), FC (T14), Lipídios totais, Colágeno total, solúvel, insolúvel não foi influenciado pelas famílias dos touros.

Portanto, não houve variação considerável (estatisticamente significativa) ($P \geq 0,05$) para a maioria das variáveis estudadas.

6.3 Escore de marmorização

De modo geral, as linhagens de Wagyu influenciaram o escore de marmorização ($P \leq 0,05$). A carne das progênies de touros Hiroshima e 100% Tajima apresentou maior escore de marmorização 7,91 e 6,67 respectivamente quando comparados aos escore de Alto % Tajima e Itozakura. Na atualidade, não existe literatura que justifique a comparação entre as linhagens da raça Wagyu Kuroge. Contudo, existem estudos de comparação de raças taurinas como Angus, assim como Wagyu e raças zebuínas como por exemplo a Nelore. É importante ressaltar que a marmorização tem uma correlação positiva com características sensoriais da carne, incluindo suculência, cor, maciez e sabor (Stewart et al., 2021; NGUYEN et al., 2021).

A justificativa de diferenças no escore de marmorização entre as linhagens, poderia ser pelo fato de que na pecuária de corte, o acúmulo de MAR é consideravelmente influenciado por antecedentes genéticos (NGUYEN et al., 2021; Shahrai et al., 2021, Zhang et al., 2018, Wang et al., 2009, Pitchford et al., 2002, Malau-Aduli et al., 2000).

Desta forma, raças especializadas, como o Wagyu, podem ultrapassar 50% de teor de gordura intramuscular, conhecida como marmorização (GOTOH et al., 2018; CORBIN et al., 2015). Ademais, o alto teor de marmorização na carne bovina, contribui para uma melhor palatabilidade, valor nutricional e versatilidade culinária deste produto (CORBIN et al., 2015; WOOD et al., 2017).

Em adição, para a característica de MAR, em bovinos Wagyu pode-se variar entre as quatro raças existentes (Japanese Black, Japanese Brown, Japanese Shortorn e Japanese Polled) e as diferentes linhagens populares em diferentes provinciais do Japão (Motoyama et al., 2016).

NGUYEN et al. (2021) observaram que no músculo *Longissimus thoracis* de bovinos Wagyu houve maior teor de lipídios totais 31,8-37,8%.

Estudos com bovinos da raça coreana Hanwoo apresentaram o segundo maior teor de marmorização no músculo *Longissimus thoracis* (13,3-19,7%).

Fu et al. (2018) realizaram um estudo em que utilizando-se da técnica H&E de histologia pôde comparar células miogênicas da raça Wagyu com a raça Angus e concluíram que o *pool* de células musculares de animais Wagyu se encontram em menor quantidade. Todavia, quando comparadas em tamanho, o diâmetro das células miogênicas de animais Wagyu são significativamente maiores ($P \leq 0,05$). Du et al. (2015), relataram que as células miogênicas e fibroadipogênicas possuem um conjunto comum de células progenitoras no embrião inicial, este fato justifica que bovinos Wagyu possuem maior diferenciação dessas células e deslocamento para a linha fibroadipogênica do que para a linha miogênica. Portanto, estes animais Wagyu possuem maior MAR, quando comparado, por exemplo, com outras raças e maior composição de tecido adiposo, caracterizando a raça Wagyu com altos teores de marmorização em sua carne.

Bos taurus, em geral, apresentam teores de gordura intramuscular mais elevados, quando comparado com *Bos indicus* (Teixeira et al., 2017, Flowers et al., 2018). Neste contexto, pode-se concluir que o escore de marmorização esta correlacionado principalmente com fatores genéticos predisponentes, sendo comum encontrar diferenças entre raças de origem taurina (Angus e Wagyu) e em raças zebuínas (Nelore). Além disso, podem ser encontradas diferenças entre as linhagens de uma raça, conforme observado no presente estudo.

6.4 pH

Em relação ao pH ($P \geq 0,05$), observou-se valores médios de 5,3 a 5,5, independente dos tratamentos.

Observou-se ainda que os valores estão dentro da faixa de normalidade para carnes resfriadas, de acordo com Savell et al. (2005). Não era esperada diferenças amplas para esta variável, visto que os animais eram castrados.

Esse resultado também pode ter sido atribuído ao uso de machos castrados e por um período de jejum adequado antes do abate, garantindo as reservas de glicogênio.

6.5 Espessura de gordura subcutânea

A espessura de gordura subcutânea (EGS), apresentou diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as progênies da raça Wagyu (Tabela 4). De acordo com os estudos, a EGS é uma característica econômica importante, em virtude de estar associada a suculência e sabor (BONIN *et al.*, 2014; DU *et al.*, 2022), ao rendimento de carne (BURROW *et al.*, 2001; DU *et al.*, 2022) e a proporção de gordura transversal da carcaça (SILVA-VIGNATO *et al.*, 2017; DU *et al.*, 2022).

No presente estudo, a linhagem Hiroshima obteve menor valor médio para EGS (12,84 mm) quando comparado às demais.

Mazoti (2022) relatou em seu estudo que a média de EGS em um cruzamento com Wagyu e Guzerá (média de 6,96 mm) foi maior que na raça zebuína Guzerá pura (média de 5,93mm). Ademais, os autores relataram que médias de EGS maiores que 7 mm são desejáveis para mercados isolados e *gourmet*, como é o caso do mercado japonês. Portanto, os valores obtidos estão de acordo com o padrão japonês da carne, ou a fim de atingir nichos de mercados diferenciados, independentes das linhagens estudadas.

Por outro lado, é importante destacar que as linhagens 100% Tajima, Alto % Tajima e Itozakura apresentaram uma quantidade excessiva de EGS (27,36 a 29,97mm), respectivamente, e, quando correlacionada com os resultados escore de marmorização, os resultados obtidos foram desejáveis ao mercado consumidor brasileiro.

Além disso, Wilson (1992) descreveu que a EGS apresente correlação alta e positiva com a porcentagem de gordura de recorte e negativa com a porcentagem de carne magra da carcaça.

Conforme relato de Lawrie (1981), carcaças com valores abaixo de 3 mm de EGS estão sujeitas à encurtamento de fibras musculares pelo frio, o que resulta em carnes mais duras, prejudicando a maciez. Além disso, podem ocorrer mudanças de colocação da parte externa dos músculos que a recobrem, tornando-as mais escuras, fazendo com que haja desvalorização do valor comercial e aumento da quebra do resfriamento, em função de maior perda de água. Na literatura não há registro de

comparação entre as linhagens para o atributo em questão. Entretanto, há comparação entre as raças zebuínas e taurinas.

Em um estudo relatado por Myers et al.(1999a), relataram que novilhos Wagyu desmamados precocemente influenciados por Wagyu tendiam em ser mais eficientes em comparação com as raças britânicas. A diferença em eficiência foi atribuída parcialmente à maior EGS em carcaças de progênes de touros Wagyu.

Portanto, a linhagem Hiroshima atende o mínimo de espessura de gordura subcutânea e escore de marmorização desejáveis às exigências do mercado consumidor brasileiro para carnes *gourmet*.

6.6 Área de olho de lombo

Não foi observada diferença significativa para a AOL das linhagens neste presente estudo ($P \geq 0,05$).

De acordo com Boggs e Merkel (1990) e Luchiari Filho (2000), a AOL, avaliada entre a 12^a e a 13^a costelas é utilizada como indicador de composição da carcaça. Esta medida tem correlação satisfatória com relação a musculosidade e como indicador de rendimento dos cortes de alto valor comercial. Luchiari Filho (2000), relata também que esta característica tem relação positiva com a porção comestível da carcaça.

Estudos têm sido realizados para determinar as características AOL de raças bovinas na Europa e América do Sul. (Martin et al., 1980 Bonsembiante et al.,1982; Medic et al.,1991), sendo uma característica relevante e associada ao rendimento de cortes comestíveis na carcaça.

De acordo com estudos Radunz et al. (2000) demonstraram resultados comparativos de área de olho de lombo de bovinos Angus *versus* bovinos Wagyu variaram entre 76,6 a 80,5 cm² respectivamente. Portanto, todas as linhagens neste presente estudo foram eficientes para a tamanho de AOL

6.7 Cor

O atributo cor apresentou diferença significativa em relação ao croma a* ($P \leq 0,05$) e b*($P \leq 0,05$) para amostras não maturadas (T0) e b*($P < 0,05$) para amostras

maturadas (T14). A cor pode ser influenciada por fatores como idade do animal, raça, sexo, manejo e nutrição (ABRIL *et al.*, 2001; MOREIRA *et al.*, 2017).

De acordo com os autores Pereira (2006), Martins (2015) e Sánchez (2023) atributo cor é uma das características que possui grande influência sob os consumidores no momento da decisão da compra da carne bovina. Pardi *et al.* (1993) concluíram que a cor pode ser influenciada pela estrutura física da carne, no que se refere a sua capacidade de absorver ou refletir a luz incidente, pelo estado químico da mioglobina (deoximioglobina: vermelho-púrpura; oximioglobina: vermelho-brilhante; metamioglobina: marrom) e pela concentração de pigmentos presentes (mioglobina e hemoglobina).

No presente estudo, observou-se que para a linhagem Alto % Tajima, as amostras não maturadas (T0) apresentaram como médias $L^*=42,2$; $a^*=18,8$; $b^*=16,5$ e para amostras maturadas (T14) apresentaram como médias $L^*=43,0$; $a^*=13,1$; $b^*=14,9$, sendo que para amostras maturadas, a característica responsável pela cor vermelha encontrou-se abaixo do valor estabelecido pela literatura. Para a linhagem Hiroshima, as amostras não maturadas resultaram em médias $L^*=40,3$; $a^*=17,1$; $b^*=15,6$ e para amostras maturadas apresentaram como médias $L^*=42,0$; $a^*=12,9$; $b^*=13,2$. O croma a^* obteve resultados abaixo da faixa ideal em amostras maturadas. Avaliando a linhagem Itozakura, os valores médios de cor foram $L^*=43,0$; $a^*=17,9$; $b^*=17,1$ para amostras T(0) e $L^*=43,1$; $a^*=14,1$; $b^*=16,0$ para amostras (T14), sendo que a^* para T(14) também encontrou-se abaixo da faixa ideal de acordo com a literatura. Para a linhagem 100% Tajima os valores encontrados nas amostras não maturadas alcançaram médias de $L^*=42,5$; $a^*=21,8$; $b^*=18,6$ e para amostras maturadas alcançaram médias $L^*=44,0$; $a^*=14,6$; $b^*=16,3$, (tabela 4), encontrando-se dentro dos padrões de cor ideal estabelecidos pela literatura tanto para amostras T0 quanto para amostras T14.

Houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos ($P \leq 0,05$) para o croma a^* . As amostras não maturadas (T0) de animais 100% Tajima apresentaram maior valor de a^* (21,86), quando comparados a Alto Tajima, Hiroshima e Itozakura, 18,87, 17,19, 17,95 respectivamente

O mesmo comportamento foi observado para o croma b^* , ($P \leq 0,05$), em que o componente luz amarela (b^*) da carne não maturada (T0) de animais 100% Tajima foi maior, quando comparada ao componente b^* de Alto % Tajima, Hiroshima e Itozakura.

Salim et al. (2022) estabeleceram uma correlação positiva entre a qualidade de gordura intramuscular e o parâmetro de cor amarela entre os animais.

Ademais, também foi observada diferença significativa entre as médias dos tratamentos ($P \leq 0,05$), em que (b^*) para as amostras maturadas (T14) de animais 100% Tajima foram maiores que alto % Tajima, Hiroshima. Além disso, para a progênie Itozakura observou-se diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as médias dos tratamentos, quando comparada com a progênie Hiroshima.

Silveira et al. (2006) não encontraram diferenças para L^* , a^* e b^* entre linhagens da raça Angus, possuindo médias muito próximas ao presente estudo. Por outro lado, Salim et al. (2022) relataram valores diferentes para a^* e b^* , em diferentes linhagens da raça Angus e em outras raças de cortes europeias. A explicação encontrada para tal fato se deve ao tempo de armazenamento da carne, na qual há grande transformações químicas envolvendo as moléculas de mioglobina presentes no músculo.

Apesar de não ter sido encontrada diferenças para o croma a^* , para as amostras maturadas entre as linhagens no presente estudo, houve diferença entre as linhagens para a cor amarela (b^*). De modo geral, as alterações observadas de cor durante a maturação são esperadas, pois ocorrem os processos de proteólise de estruturas celulares com perda de capacidade de retenção de água (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005) e oxidação dos pigmentos de cor (Luciano et al., 2009).

6.8 Perdas por cocção

Não houve efeito significativo entre as linhagens ($P > 0,05$) na PCC no (T0). Todavia, a PCC em (T14) dias foi encontrado diferenças entre as linhagens principalmente 100% Tajima Hiroshima com resultados de 20,23 e 40,12 respectivamente. Purslow et al. (2016) afirmaram que, durante o cozimento, a carne perde volume e peso, expelindo água. Essa perda de líquidos, também é acompanhada de mudanças nos parâmetros texturais da carne que ocorrem em

conjunto com alterações nas moléculas de proteínas e gorduras, causadas por ação do calor (JEŽEK et al., 2020).

Foi observado no presente estudo, diferença entre as médias dos tratamentos ($P \leq 0,05$), em que a PCC% em amostras maturadas (T14) de animais Hiroshima foram maiores, quando comparados com animais 100 % Tajima e Itozakura. Além disso, para a progênie Alto % Tajima observou-se diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as médias dos tratamentos quando comparada com a progênie 100%Tajima.

Whipple et al. (1990) também encontraram diferenças entre os grupos genéticos Nelore, Simental, Hereford e $\frac{1}{2}$ Hereford para PCC% do músculo *Longissimus dorsi*, mas, ao maturar a carne, verificaram diminuição da diferença na quantidade de perdas entre as raças.

Radunz et al. (2009) também relataram diferenças na PPC% em carnes de bovinos Wagyu maturadas por 72 horas e 14 dias respectivamente.

6.9 Força de cisalhamento

As linhagens não influenciaram a FC (T0) e (T14) ($P \geq 0,05$). Neste estudo as médias variaram de 3,55 kg a 5,7 kg em (T0 e T14), sendo a linhagem Alto % Tajima apresentou maior FC para essa variável. De acordo com ALVES (2005), carnes que apresentam valores inferiores 4,5 kg para a força de cisalhamento são consideradas macias.

Uma variedade de estudos também indica que a maciez é o fator, mas importante na palatabilidade ou na preferência geral da carne bovina (Savell et al., 1987; Miller et al., 2001; Thompson, 2002).

Além disso, de acordo com Wheeler et al. (2004), o uso de Touros Wagyu em um sistema de cruzamento pode melhorar a maciez da carne.

Shahrai et al. (2020) sugeriram que a MAR poderia contribuir para a maciez da carne em estudos comparativos de força de cisalhamento de bovinos nas raças Angus, Brahman e Wagyu.

Segundo Lee e Choi (2013), a MAR desempenha a função de enfraquecimento da integridade estrutural dos músculos, evitando que a fibra muscular forme ligações

cruzadas e permitindo um menor força para degradação do músculo, o que foi observado no presente estudo.

Ainda verificou-se que após a maturação de 14 dias, todas as linhagens estudadas apresentaram resultados satisfatórios, com médias variando de 3,55 a 4,26 kg

6.10 Lipídios totais

Não houve efeito significativo de lipídios totais das progênes das linhagens estudadas ($P \geq 0,05$). Os valores médios variaram de 14,2 a 20,8%, sendo a linhagem Alto % Tajima com menor média para essa variável e a linhagem Hiroshima com maior teor de lipídios totais.

6.11 Comprimento de Sarcômero

De acordo com os resultados apresentados, não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) para as características de sarcômero entre as progênes dos touros representativos da raça Wagyu Kuroge.

Ressalta-se que a EGS também possui papel evita o encurtamento excessivo dos sarcômeros no resfriamento da carcaça durante o rigor mortis (Koohmaraie et al., 1988). Além disso, o comprimento dos sarcômeros após o *rigor mortis* desempenha um papel importante na maciez do bife (Koohmaraie et al., 1988).

Ainda, de acordo com Smulders et al. (2000), carnes com comprimento de sarcômero inferiores que $2,0\mu\text{m}$ são consideradas duras.

6.12 Colágeno Total, Colágeno solúvel e colágeno insolúvel

Colágeno total, colágeno solúvel e colágeno insolúvel, não foram influenciados pelos touros da raça Wagyu ($P \geq 0,05$). O colágeno insolúvel é considerado fator importante para definir maciez da carne bovina e aumentar a palatabilidade (RILEY et al., 2003).

No presente estudo, observou-se que as linhagens apresentaram resultados satisfatórios de colágeno.

Gomide et al. (2017) relataram que o colágeno representa de 2 a 5% de total de proteínas musculares, ele é responsável por várias mudanças de textura na carne durante o cozimento.

CONCLUSÕES

As linhagens das raças Wagyu criadas em condições tropicais em geral, não apresentaram variações significativas para os atributos físico e químicos que envolvem a qualidade da carne.

Portanto, as quatro linhagens estudadas demonstram alto potencial de mercado em características que agregam alto valor ao produto.

Ressalta-se que a linhagem 100% Tajima e a Itozakura assumiram posições de destaque em relação as demais linhagens, uma vez que apresentaram bons indicativos para deposição de gordura subcutânea e intramuscular, as quais são características de interesse produtivo na cadeia da carne bovina por valorizar o produto, principalmente para mercados de nichos especiais ou mercado *gourmet* de carne.

REFERÊNCIAS

ALVES, Dorismar David et al. *Maciez da Carne Bovina*. Viçosa: Ciencia Animal Brasileira, 2006.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). *Standard Specification for Tenderness Marketing Claims Associated with Meat Cuts Derived from Beef*. 1. ed. West Conshohocken, Pensilvania: ASTM International, 2011. 3p.

AOCS (2009). *Official Methods and Recommended Practices of the AOCS*. Denver: AOCS; 2009.

ARRIGONI, M.B.; VIEIRA, P.F.; SILVEIRA, A.C. et al. Estudo dos efeitos da restrição alimentar nas características das fibras musculares de bovinos jovens confinados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, n.7, p.1121-1127, 1998.

ARTHUR, P.F. 1995. Double muscling in cattle: a review. *Austr. J. Agric. Res.* 46: 1493.

ALBERTÍ, P., G. RIPOLL, F. GOYACHE, F. LAHOZ, J. L. OLLETA, B. PANEA, et al. 2005. Carcass characterization of seven Spanish beef breeds slaughtered at two commercial weights. *Meat Science*. 71:514–521.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION – AMSA. *Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat*. 1. ed. Chicago: AMSA, 1995. 15 p.

BAILEY, A.J., M.B. ENSER, E. DRANSFIELD, D.J. RESTALL, N.C. AVERY, 1982. Muscle and adipose tissue from normal and double muscled cattle. *Curr. Top. Vet. Med. Anim. Sci.* 16: 178.

BRASIL. (1997). Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento, Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal [Food of animal origin sanitary and industry inspection]. In. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

BOCCARD, R. 1982. Relationship between muscle hypertrophy and the composition of skeletal muscle. *Curr. Top. Vet. Med. Anim. Sci.* 16: 148.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. *Cadeia Produtiva da Carne Bovina*. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Série de Agronegócios, v.8, p.86, 2007.

Campos C.F., Duarte M.S., Guimarães S.E., Verardo L.L., Wei S., Du M., Jiang Z., Bergen W.G., Hausman G.J., Fernyhough-Culver M., et al. Review: Animal model and the current understanding of molecule dynamics of adipogenesis. *Animal*. 2016; 10:927–932.

CHARGÉ, S.B.; RUDNICKI, M.A. Cellular and molecular regulation of muscle regeneration. *Physiol Rev.*, v.84, n.1, p.209-238, 2004.

CROALL, D. E.; DEMARTINO, G. N. Calcium-activated neutral protease (calpain) system: structure, function, and regulation. *Physiological Reviews*, v. 71, p. 813–847, 1991.

CROSS, H.R.; CARPENTER, Z.L.; SMITH, G.C. Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. *Journal of Food Science*, v.38, n.6, p.998-1003, 1973.

DELGADO EF, GEESINK GH, MARCHELLO JA, GOLL DE, KOOHMARAIE M (2001a) The calpain system in three muscles of normal and callipyge sheep. *Journal of Animal Science*, 79:398-412.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *The Journal of biological chemistry*, v. 226, n. 1, p. 497–509, 1957.

GARBOSSA, Pollyana Leite Matioli. Influência da condição sexual de bovinos cruzados Angus x Nelore terminados em confinamento sobre a proteólise post mortem e maciez da carne. 2021. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

GERRARD, D.E., K.H. THRASHER, A.L. GRANT, R.P. LEMENAGER, M.D. JUDGE, 1991. Seruminduced myoblast proliferation and gene expression during development of double muscled and normal cattle. *J. Anim. Sci.* 69: 317.

GOTOH T, TAKAHASHI H, NISHIMURA T, KUCHIDA K, and MANNEN H. Meat produced by Japanese Black cattle and Wagyu. *Animal Frontier*, v. 4, n. 4, 2014.

HAWKE, T.J.; GARRY, D.J. Myogenic satellite cells physiology to molecular biology. *J Appl Physiol*, v.91, p.534-551, 2001.

HIROOKA, H., A. F. Groen, and M. Matsumoto. 1996. Genetic parameters for growth and carcass traits in Japanese Brown cattle estimated from field records. *J. Anim. Sci.* 74:2112–2116.

HOSSNER, K. L. 2005. Hormonal regulation of farm animal growth / K.L. Hossner.P. 217. Department of Animal Sciences, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA. CABI Publishing.

HANSET, R. 1982. Muscular hypertrophy as a racial characteristic: the case of the Belgian Blue breed. In: _ Muscle hypertrophy of genetic origin and its use to improve beef production, p. 437.

JMGA. 1988. New beef carcass grading standards. Japan Meat Grading Association, Tokyo, Japan. Kawada, K., S. Kanematsu, Y. Kurosawa, T. Ibi, and Y. Sasaki. 2003. Genetic statistical analysis on carcass traits and daily gain of Japanese Black cattle in southern part of Iwate Prefecture. *Nihon Chikusan Gakkaiho* 74:187–193.

KRAMER, J. K. G.; FELLNER, V.; DUGAN, M. E. R. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. *Lipids*, Heidelberg, v.32, p.1219-1228, 1997.

KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization process of meat. *Meat Sci.*, 43: 193-201. 1996.

KOOHMARAIE, MOHAMMAD. Muscle Proteinases and Meat Aging. *Meat Science*, 36:93-104, 1994.

KOOHMARAIE, M.; KENT, M.P.; SHACKEIFORD, S.D. et al. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? *Meat Science*, v.62, p.345-352, 2002.

KOOHMARAIE, M. The biological basis of meat tenderness and potential genetic approaches for its control and prediction. *Proceedings of the Reciprocal Meat Conference*, v.48, p.69-75, 1995.

KOOHMARAIE, MOHAMED (1992) Effect of pH, Temperature, and Inhibitors on Autolysis and Catalytic Activity of Bovine Skeletal Muscle μ -Calpain. *Journal of Animal Science*, 70:3071-3080.

KOOHMARAIE, M; GEESINK, G.H. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74:34-43, 2006.

KOURY FILHO, W. 2005. Escores visuais e suas relações em características de crescimento em bovinos de corte. 80f. Tese (Doutorado em Zootecnia e Produção Animal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

KUCHIDA, K., S. KONO, K. KONISHI, L. D. VAN VLECK, M. Suzuki, and S. Miyoshi. 2000. Prediction of crude fat content of longissimus muscle of beef using the ratio of fat area calculated from computer image analysis: Comparison of regression equations for prediction using different input devices at different stations. *J. Anim. Sci.* 78:799–803.

KUCHIDA, K., T. KURIHARA, M. SUZUKI, and S. MIYOSHI. 1997. Development of an accurate method for measuring fat percentage on ribeye area by computer image analysis. *Anim. Sci. Technol. (Jpn)* 68:853–859.

LAGE, J. F; PAULINO, P. V. R; VALADARES, FILHO, S. C; SOUZA, E. J. O; DUARTE, M. S; BENEDETI, P. D. B; et al. Influence of genetic type and level of concentrate in the finishing diet on carcass and meat quality traits in beef heifers. *Meat Sci.* 2012; 90:770±74.

LANGLEY, B., THOMAS, M., BISHOP, A., SHARMA, M., GILMOUR, S., AND KAMBADUR, R., 2002. Myostatin inhibits myoblast differentiation by down-regulating MyoD expression. *The Journal of biological chemistry*, 277(51), 49831-40
Meat and Livestock Australia. The effect of pH on beef eating quality. Why is high pH meat a problem? Acesso em 20 de Outubro de 2023. Disponível em: https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/effect-of-ph-on-beef-eating-quality_sep11.pdf

OLIVER, W.M., T.C. CARTWRIGHT, 1968. Double Muscling in cattle. A review of expression, genetics and economic implication. Agricultural Experiment Station Technical report, Texas A&M University, 12:58p.

PEARCE, K. L. et al. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes – A review. Meat Science, Amsterdam, v. 89, n.2, p. 111-124, 2011.

RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. Avaliação de qualidade de carnes: fundamentos e metodológica. 2.ed. Viçosa: UFV, 2007. 599p.

