

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**DETERMINANTES FENOTÍPICOS E GENÔMICOS DA
QUALIDADE DA CARÇA E CARNE BOVINA**

Henrique Biasotto Moraes

Médico Veterinário

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**DETERMINANTES FENOTÍPICOS E GENÔMICOS DA
QUALIDADE DA CARCAÇA E CARNE BOVINA**

Discente: **Henrique Biasotto Moraes**

Orientador: Prof. Dr. **Luis Artur Loyola Chardulo**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

M827d

Morais, Henrique Biasotto

Determinantes fenotípicos e genômicos da
qualidade da carcaça e carne bovina./ Henrique
Biasotto Moraes. -- Jaboticabal, 2026
107 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual
Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias
e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Luis Artur Loyola Chardulo

1. Zebu. 2. Confinamento (Animais). 3.
Cruzamento (Genética). 4. Genômica. 5. Carne
Qualidade



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: DETERMINANTES FENOTÍPICOS E GENÔMICOS DA QUALIDADE DA CARÇA E CARNE BOVINA

AUTOR: HENRIQUE BIASOTTO MORAIS

ORIENTADOR: LUIS ARTUR LOYOLA CHARDULO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Ciência Animal, área: Nutrição Animal pela Comissão Examinadora:

 Documento assinado digitalmente
LUIS ARTUR LOYOLA CHARDULO
Data: 02/06/2026 07:48:34 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. LUIS ARTUR LOYOLA CHARDULO (Participação Virtual)
Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal / UNESP / Câmpus de Botucatu - FMVZ

 Documento assinado digitalmente
MARINA RUFINO SALINAS FORTES
Data: 18/05/2026 05:22:46 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. MARINA RUFINO SALINAS FORTES (Participação Presencial)
University of Queensland (UQ) / Brisbane/Austrália

 Documento assinado digitalmente
WELDER ANGELO BALDASSINI
Data: 28/05/2026 10:05:57 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. WELDER ANGELO BALDASSINI (Participação Virtual)
Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal / UNESP / Câmpus de Botucatu - FMVZ

 Documento assinado digitalmente
GERMAN DARIO RAMIREZ ZAMUDIO
Data: 25/05/2026 22:13:22 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pesquisador Dr. GERMÁN DARÍO RAMÍREZ ZAMUDIO (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / FZEA USP Pirassununga/SP

 Documento assinado digitalmente
MARCOS ELI BUZANSKAS
Data: 27/05/2026 10:41:37 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. MARCOS ELI BUZANSKAS (Participação Virtual)
Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal / UNESP / Câmpus de Botucatu - FMVZ

Jaboticabal, 30 de abril de 2026.

Henrique Biasotto Moraes nasceu em 11 de janeiro de 1995, na cidade de Campinas – SP, filho de Reinaldo Alves de Moraes e Telma Biasotto. Iniciou em fevereiro de 2013 o curso de Medicina Veterinária na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, Campus de Jaboticabal, obtendo o título de Médico Veterinário em fevereiro de 2018. Em março de 2019 ingressou no programa de pós-graduação em Zootecnia na Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, como bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, obtendo o título de Mestre em Zootecnia em julho de 2021, sob orientação do Prof. Dr. Clandio Favarini Ruviano. Em janeiro de 2022, ingressou no programa de Pós-Graduação em Ciência Animal na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, Campus de Jaboticabal, como bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, sob orientação do Prof. Dr. Luis Artur Loyola Chardulo. Realizou estágio de doutorado sanduíche no exterior, de fevereiro de 2024 a julho de 2024, na The University of Queensland, QLD, Brisbane, Austrália, como bolsista CAPES do Programa CAPES PrInt, sob orientação da Profa. Dra. Marina Rufino Salinas Fortes.

DEDICATÓRIA

Aos meus filhos, Melissa, Gaia e Benoad, que daram sentido a cada esforço e renovaram diariamente meu propósito de melhorar como pessoa, profissional e pai.

À minha esposa, parceira, companheira, melhor amiga e excepcional pesquisadora Dra. Isabella Lippi, que me incentivou e apoiou em todas as etapas desta difícil jornada.

Aos meus pais, à minha madrasta e ao meu padrasto, que me ensinaram o valor da perseverança, da honestidade e do trabalho e me apoiaram nas minhas decisões.

Ao meu irmão Pedro, com o desejo de que este trabalho sirva de exemplo de dedicação e de que o esforço constante é o caminho mais seguro para alcançar nossos objetivos.

E aos colegas pesquisadores brasileiros, que, mesmo diante de recursos escassos, reconhecimento limitado e remuneração modesta, continuam a produzir ciência de excelência e a contribuir de forma inestimável para o avanço do conhecimento científico.

AGRADECIMENTO

À minha esposa, Isabella, que foi a chave para que tudo isso acontecesse. Sem ela, eu jamais teria encontrado forças para ingressar e perseverar na carreira acadêmica. Sua presença constante, seu amor e incentivo, desde os tempos da graduação, foram e continuam sendo o alicerce da minha trajetória. Isabella me inspira diariamente a ser um profissional mais dedicado, um homem mais íntegro, um cidadão mais consciente e um pai melhor.

Aos meus grandes mentores ao longo da vida acadêmica, Prof. Dr. Estevam, Prof.^a Dra. Lindsay, Prof. Dr. Fabrício, Prof. Dr. Clandio, Dr. Marcelo, Prof. Dr. Welder, Prof. Dr. Luís Artur, Prof. Dr. Ricardo e Prof.^a Dra. Marina, expresso minha mais profunda gratidão. Cada um deles foi, a seu modo, exemplo de excelência científica, de compromisso e de dedicação para com o conhecimento. Foram professores notáveis e, em muitos momentos, verdadeiros amigos além do ambiente acadêmico.

Aos colegas do Meat Lab e do Confinamento Experimental da Fazenda Lageado, deixo meu sincero agradecimento pela parceria, pelo apoio técnico e pelas valiosas trocas de conhecimento que tornaram esta jornada muito mais leve e enriquecedora. Em especial, ao Jean Galvão e ao Lucas Camargo, que foram grandes companheiros ao longo de toda a minha trajetória em Botucatu, sempre dispostos a ajudar e a compartilhar aprendizados.

Agradeço também às universidades por onde tive o privilégio de passar — UNESP Jaboticabal, UFGD, UNESP Botucatu e The University of Queensland, que contribuíram de forma significativa para minha formação acadêmica e pessoal. Estendo minha gratidão a todos os servidores técnicos e administrativos dessas instituições, que sempre me auxiliaram com atenção e profissionalismo em todas as questões ao longo desse percurso.

Por fim, agradeço aos meus pais, que fizeram tudo em seu alcance para me proporcionar a melhor educação possível e uma infância saudosa e feliz. O contato com o campo desde muito pequeno foi essencial para fortalecer o amor pela natureza e pelos animais, que orienta minha carreira e minhas convicções.

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

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. Introdução.....	1
2. Revisão de Literatura	2
2.1. Subespécies com características distintas	2
2.2. Qualidade de carcaça	4
2.3. Qualidade da carne	5
2.4. O tecido muscular	8
2.4.1. Rigor mortis	10
2.5. Gordura	13
2.5.1. Gordura subcutânea	13
2.6. Coloração.....	15
2.6.1. Influência da gordura na coloração.....	16
2.7. Maciez	18
2.7.1. Heat Shock Proteins	21
2.8. Diferenças Entre Classes Sexuais	21
2.9. Diferenças Entre Subespécies	22
2.10. Maturação	24
2.11. Melhoramento genético.....	25
3. Referências.....	28
CAPÍTULO 2 – Biological type (genetic group x sex class) affects carcass traits and meat quality of feedlot-finished cattle across ageing periods	42
CAPÍTULO 3 – GWAS E ANÁLISE DE PLEIOTROPIA NA RAÇA NELORE PARA CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE CARCAÇA E CARNE.....	833



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado "**Efeito da maturidade dental sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos F1 Angus-Nelore**", protocolo nº 07595/2019, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Otávio Rodrigues Machado Neto, 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) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de junho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado "*Ad referendum*" pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP.

Vigência do Projeto	09/08/2019 a 07/02/2020
Espécie / Linhagem	<i>Bos indicus</i> / <i>Bos taurus</i> / F1 Angus x Nelore
Nº de animais	88 animais
Peso / Idade	280 kg / 14 meses
Sexo	Machos
Origem	Fazenda Turbilhão

Jaboticabal, 09 de setembro de 2019.

Fabiana Pilarski
Profª Drª **FABIANA PILARSKI**
Coordenadora – CEUA

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n CEP 14884-900 - Jaboticabal/ SP - Brasil
tel 16 3209 7100 www.fcav.unesp.br

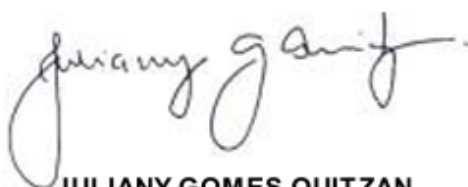
Matheus Rodrigues Lopes 26/09/2019

ATESTADO

Atesto que o Projeto "Eficiência alimentar, qualidade de carcaça e carne de bovinos Nelore terminados em confinamento " **Protocolo CEUA 0109/2022** , a ser conduzido por Rafaela Cristina Rodrigues , responsável/orientador Luis Artur Loyola Chard/ Welder Angelo Baldassini , para fins de pesquisa científica/ensino - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal - CONCEA.

Finalidade	PESQUISA CIENTÍFICA
Vigência do projeto	15/06/2022 a 01/09/2022
Nome Comum / Espécie / Linhagem	BOVINA / BOS INDICUS /
Raça	Nelore
Nº de animais machos	96
Nº de animais fêmeas	0
Nº de animais sexo indefinido	0
Peso médio de animais machos	400
Peso médio de animais fêmeas	0
Peso médio de animais sexo indefinido	0
Idade	2 ano(s) e 0 mes(es) e 0 dia(s).
Procedência	Longissimus (contra-filé) a partir da 11a costela.

Projeto de Pesquisa aprovado em reunião da CEUA em 08/06/2022



JULIANY GOMES QUITZAN
Presidente da CEUA da FMVZ, UNESP - Campus de Botucatu

DETERMINANTES FENOTÍPICOS E GENÔMICOS DA QUALIDADE DA CARÇA E CARNE BOVINA

RESUMO – Esta tese teve como objetivo investigar a base genética da qualidade da carne e da carcaça em bovinos Nelore e Nelore x Angus, por meio de análises físico-químicas da carne de 120 animais, 60 animais Nelore e 60 animais F1, e de análises genômicas de animais Nelore. Em laboratório, mensurou-se a umidade, proteína, colágeno total, gordura intramuscular, pH, luminosidade (L), teor de vermelho (a^*), teor de amarelo (b^*), perdas por expurgo, perdas por gotejamento, perdas por evaporação, perdas por coção e força de cisalhamento Warner-Bratzler, em três períodos de maturação distintos: 7, 14 e 21 dias. As novilhas Angus x Nelore apresentaram maior espessura de gordura subcutânea ($p < 0,05$) e teor de gordura intramuscular (5,11%). Interações entre Grupo Genético x Classe Sexual ($p < 0,05$) foram observadas para luminosidade e perdas por evaporação, com maior luminosidade e menores perdas nas novilhas Angus x Nelore em todos os tempos de maturação. A maciez não apresentou diferença significativa entre as interações Grupo Genético e Classe Sexual. A maturação por 14 dias foi suficiente para obter valores de força de cisalhamento inferiores a 4,5 kg na maioria das amostras dos quatro tipos biológicos, equilibrando a maciez e as perdas durante a cocção. De modo geral, o grupo Novilhas Angus x Nelore produziu a carne com maior teor de gordura intramuscular, seguido pelo grupo Novilhas Nelore. Foi realizado um estudo de associação genômica ampla (GWAS) em uma população de 660 bovinos Nelore genotipados para identificar variantes genéticas associadas a: Peso Vivo, Peso de Carcaça Quente, Rendimento de Carcaça, Espessura de Gordura Subcutânea, Área de Olho de Lombo, Força de Cisalhamento, Marmoreio, pH, Perdas Totais, Luminosidade, componente de cor a^* , componente de cor b^* , saturação de cor Chroma, saturação de cor Hue, Capacidade de Retenção de Água, Perdas Por Cocção, perdas por Gotejamento e Evaporação, e identificar as regiões pleiotrópicas para essas 18 características avaliadas em laboratório. Através de análises de GWAS detectou-se 405,847 SNPs e 875 genes dentro das 10 regiões genômicas que mais explicaram a variância genética aditiva para cada característica sob estudo. A lista de genes candidatos foi submetida à análise de enriquecimento funcional: GO Biological Process identificou 274 genes, KEGG identificou 87 genes, sendo 34 genes comuns tanto à GO Biological Process quanto à KEGG. identificação de regiões genômicas com efeitos pleiotrópicos sobre características de carcaça e carne contribui para o aprofundamento do conhecimento sobre os mecanismos genéticos que influenciam a qualidade da carne em bovinos Nelore e fornece subsídios relevantes para estratégias de melhoramento genético voltadas à produção de carne de melhor qualidade.

Palavras-chave: *Bos taurus indicus*, confinamento, cruzamento industrial, GWAS, maciez, marmoreio

Phenotypic and Genomic Determinants of Beef and Carcass Quality Traits

ABSTRACT: This thesis aimed to investigate the genetic basis of meat and carcass quality in Nelore and Nelore x Angus cattle, through physicochemical analyses of the meat of 120 animals (60 Nelore and 60 F1 animals) and genomic analyses of 660 genotyped Nelore animals. In the laboratory, moisture, protein, total collagen, intramuscular fat, pH, luminosity (L), redness (a^*), yellowness (b^*), purge losses, drip losses, evaporation losses, cooking losses, and Warner-Bratzler shear force were measured at three distinct ageing periods: 7, 14, and 21 days. Angus × Nelore Heifers showed greater subcutaneous fat thickness ($p < 0.05$) and intramuscular fat content (5.11%). Interactions between Genetic Group × Sexual Class ($p < 0.05$) were observed for lightness and evaporation losses, with higher lightness and lower losses in Angus × Nelore heifers at all maturation times. Tenderness did not show a significant difference in Genetic Group × Sexual Class interaction. Ageing for 14 days was sufficient to achieve shear force values below 4.5 kg in most samples across the four biological types, balancing tenderness and cooking losses. In general, the Angus × Nelore Heifer group produced meat with the highest intramuscular fat content, followed by the Nelore Heifer group. A genome-wide association study (GWAS) was conducted on a population of 660 genotyped Nelore cattle to identify genetic variants associated with: Body Weight, Hot Carcass Weight, Carcass Dressing, Subcutaneous Fat Thickness, Ribeye Area, Shear Force, Marbling, pH, Luminosity, a^* colour component, b^* colour component, Chroma colour saturation, Hue colour saturation, Water Holding Capacity, Cooking Losses, Drip Losses, Evaporation Losses and Total Losses, and to identify the pleiotropic regions for these 18 traits evaluated in the laboratory. Through GWAS analyses, 405,847 SNPs were detected, and 875 genes were detected within the 10 genomic regions that best explained the additive genetic variance for each trait assessed. The list of candidate genes was submitted to functional enrichment analysis: GO Biological Process identified 274 genes, KEGG identified 87 genes, and 34 genes were common to both. Identifying genomic regions with pleiotropic effects on carcass and meat traits deepens understanding of the genetic mechanisms that influence meat quality in Nelore cattle and provides relevant support for genetic improvement strategies to produce higher-quality meat.

Keywords: Bos taurus indicus, feedlot, crossbred, GWAS, tenderness, marbling

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

A carne é o produto do abate de animais para o consumo. Comumente, refere-se à carne como o tecido muscular após a separação da carcaça, o que ocorre ao término do *rigor mortis*.

A carne bovina tem grande importância nutricional, cultural e econômica. O seu consumo continua a crescer em resposta ao aumento populacional e ao aumento da renda global (de Araújo et al., 2022; Mwangi et al., 2019).

Nutricionalmente é um alimento de suma importância na alimentação humana, proporcionando vitaminas (especialmente do complexo B), minerais (como ferro, zinco, selênio, manganês e cobre), lipídios e os ácidos graxos essenciais que os compõem, sendo uma proteína de alto valor biológico devido aos aminoácidos essenciais presentes na sua composição (Cabrera e Saadoun, 2014), além de ser muito valorizada gastronomicamente (Smith et al., 2018).

No âmbito financeiro, a carne bovina tem grande destaque em todo o mundo, sendo a terceira carne mais consumida globalmente. Quase 70 milhões de toneladas de carne bovina são produzidas anualmente (ABIEC, 2025), sendo fonte de renda para milhões de pessoas e atividade especialmente importante em regiões onde existem poucas outras opções de produção agropecuária, devido ao clima e ao relevo desfavoráveis (Pulina et al., 2021).

O Brasil tem um papel importante neste setor, sendo o maior produtor, o maior exportador e, mesmo tendo perdido 3 posições no ranking global nos últimos 2 anos, o país ainda ocupa o sexto maior consumo per capita (OECD, 2025). Detém um rebanho de 202 milhões de cabeças, alocado principalmente ao longo de 160 milhões de hectares de pastagens, porém, animais terminados em confinamentos aumentam gradativamente, atingindo, em 2024, 19,2% dos abates, com 8,8 milhões de cabeças (ABIEC, 2025).

O rebanho nacional é composto principalmente por animais zebuínos, dos quais a raça Nelore é a mais abundante e a mais utilizada na pecuária de corte, devido à alta resistência dos animais às condições ambientais e climáticas (Camargo et al., 2024). Com uma majoritária participação no rebanho brasileiro, a raça é responsável pela maior parte da carne bovina exportada, atendendo a mercados exigentes na Ásia, Europa e América do Norte. Dessa forma, a melhoria contínua da qualidade da carne e da carcaça é fundamental para manter a competitividade da carne bovina brasileira no cenário global e, para tanto, a raça conta com um sólido programa de melhoramento genético (ABIEC, 2025).

Apesar do grande destaque, a carne brasileira apresenta grandes variações de qualidade, principalmente no que tange à maciez, e estudos responsabilizam as variações na qualidade da carne às diferenças individuais dos animais zebuínos (Lage et al., 2012). A maciez é tida como o mais importante atributo da qualidade da carne bovina (Ramos et al., 2024), porém há outras importantes propriedades e características que a definem, como cor, composição química, suculência, sabor, entre outras. A ciência da carne avalia todas essas características para padronizar aspectos importantes da qualidade, responsáveis pela aceitação pelos consumidores.

Compreender como estes e outros atributos são influenciados por características genotípicas e fenotípicas é de suma importância para toda a cadeia da carne bovina e o foco principal deste trabalho. Nesta revisão de literatura, buscou-se destacar as influências da raça, da classe sexual, do processo de maturação e do genótipo e compreender as interações destes fatores nas diferenças de qualidade de carcaça e carne bovina.

5. Conclusão

O conhecimento de consideráveis genes pleiotróficos para características de qualidade de carne e de carcaça é uma forma válida para acelerar o melhoramento genético animal. Visto que diversos programas de melhoramento realizam a

genotipagem de seus animais, a detecção de SNPs nessas regiões gênicas com genes pleiotróficos permite prever a qualidade da carne antes do abate do animal, o que economiza recursos financeiros e aumenta a eficiência do programa de seleção.

6. Referências

ABIEC (2025) Beef Report 2025 | Perfil da Pecuária no Brasil. São Paulo, 92p. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Disponível em: https://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2025-perfil-da-pecuaria-no-brasil/#dfliip-df_8012/92/. Acesso em: 26 out 2025.

Akanno, E. C., Chen, L., Abo-Ismael, M. K., Crowley, J. J., Wang, Z., Li, C., ... & Plastow, G. S. (2018). Genome-wide association scan for heterotic quantitative trait loci in multi-breed and crossbred beef cattle. **Genetics Selection Evolution**, 50(1), 48.

Arikawa LM, Mota LF, Schmidt PI, Frezarim GB, Fonseca LF, Magalhães AF, Silva DA, Carneiro R, Chardulo LA, de Albuquerque LG (2024) Genome-wide scans identify biological and metabolic pathways regulating carcass and meat quality traits in beef cattle. **Meat Science** 209:109402

Baneh, H., Elatkin, N., & Gentzittel, L. (2025). Genome-wide association studies and genetic architecture of carcass traits in Angus beef cattle using imputed whole-genome sequences data. **Genetics Selection Evolution**, 57(1), 26.

Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (2016). A rapid method of total lipid extraction. **Canadian Journal of Biochemical Physiology**.

Baldassini, W. A., Rodrigues, R. C., Magistri, M. S., Neto, O. R. M., Torres, R. N., & Chardulo, L. A. (2024). Exploring the longissimus muscle: Unraveling its correlation with meat quality in Bos indicus and crossbred bulls. **Journal of Visualized Experiments (JoVE)**, (209), e66764.

Camargo LR, Moraes HB, Magistri MS, Torres RZ, Baldassini WA, Chardulo LAL, Machado Neto OR (2024) QUALIDADE DA CARNE DE BOVINOS

CONFINADOS: IMPACTOS DO GRUPO GENÉTICO E DO SEXO. In: Medeiros JÁ, Silva VMA Produção Animal e Vegetal: Inovações e Atualidades volume 3. Jardim do Seridó, RN: Agron Food Academy, p 516-521.

Chen, L., Ekine-Dzivenu, C., Vinsky, M., Basarab, J., Aalhus, J., Dugan, M. E. R., et al. (2015). Genome-wide association and genomic prediction of breeding values for fatty acid composition in subcutaneous adipose and longissimus lumborum muscle of beef cattle. **BMC Genetic**. 16:135.

Lage JF, Paulino PVR, Valadares Filho SC, Souza EJO, Duarte MS, Benedeti PDB, ... e Cox RB (2012) Influence of genetic type and level of concentrate in the finishing diet on carcass and meat quality traits in beef heifers. **Meat Science**, 90(3), 770-774.

Leal-Gutiérrez, J. D., Rezende, F. M., Reecy, J. M., Kramer, L. M., Peñagaricano, F., & Mateescu, R. G. (2020). Whole genome sequence data provides novel insights into the genetic architecture of meat quality traits in beef. **Frontiers in Genetics**, 11, 538640.

Liu, Q., Zhu, X., Xu, L., Fu, Y., & Garvey, W. T. (2013). 6-Mercaptopurine augments glucose transport activity in skeletal muscle cells in part via a mechanism dependent upon orphan nuclear receptor NR4A3. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, 305(9), E1081-E1092.

Magalhães, A. F. B. (2015). Utilização de informações genômicas para o melhoramento genético de características da carne em bovinos da raça Nelore. Tese de doutorado.

Medeiros de Oliveira Silva, R., Stafuzza B. N., de Oliveira Fragomeni, B., de Camargo G. M. F., Ceacero T. M., Cyrillo N. S. G. J., Baldi F, Boligon A. A., Zerlotti M. E. M., Lourenco D. L., Misztal I. (2017). Genome-wide association study for carcass traits in an experimental Nelore cattle population. **PloS one**, 12(1), e0169860

Ramos P. M., Scheffler T. L., Beline M., Bodmer J., Gerrard D. E. e Silva S. L. (2024) Challenges and opportunities of using *Bos indicus* cattle to meet consumers' demand for quality beef. **Meat Science**, 109375.

Scapol, R. S., Baldassini, W. A., Gagaoua, M., Ramírez-Zamudio, G. D., Ladeira, M. M., Poleti, M. D., ... & Chardulo, L. A. L. (2023). Muscle proteome of crossbred cattle that received vitamin A at birth: impacts on meat quality traits. **Livestock Science**, 275, 105316.

Singh, R., Gurao, A., Rajesh, C., Mishra, S. K., Rani, S., Behl, A., ... & Kataria, R. S. (2019). Comparative modeling and mutual docking of structurally uncharacterized heat shock protein 70 and heat shock factor-1 proteins in water buffalo. **Veterinary world**, 12(12), 2036.

Uhlén, M., Fagerberg, L., Hallström, B. M., Lindskog, C., Oksvold, P., Mardinoglu, A., et al. (2015). Tissue-based map of the human proteome. **Science** 347: 1260419.

United States Department of Agriculture (USDA). (2000). *U.S. standards for grades of feeder cattle*. USDA.

Walton, R. G., Zhu, X., Tian, L., Heywood, E. B., Liu, J., Hill, H. S., ... & Garvey, W. T. (2016). AP2-NR4A3 transgenic mice display reduced serum epinephrine because of increased catecholamine catabolism in adipose tissue. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**.