

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTUDO GENÉTICO QUANTITATIVO DA QUALIDADE
DA CARÇA E DA CARNE E SUAS ASSOCIAÇÕES
COM AS CARACTERÍSTICAS DE AVALIAÇÃO VISUAL
NA RAÇA NELORE**

Daniel Gustavo Mansan Gordo

Zootecnista

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTUDO GENÉTICO QUANTITATIVO DA QUALIDADE
DA CARÇA E DA CARNE E SUAS ASSOCIAÇÕES
COM AS CARACTERÍSTICAS DE AVALIAÇÃO VISUAL
NA RAÇA NELORE**

Daniel Gustavo Mansan Gordo

Orientadora: Profa. Dra. Lucia Galvão de Albuquerque

Coorientador: Prof. Dr. Fernando Sebastián Baldi Rey

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 Genética e Melhoramento Animal

2014

G661e Gordo, Daniel Gustavo Mansan
Estudo genético quantitativo da qualidade da carcaça e da carne e suas associações com as características de avaliação visual na raça Nelore . / Daniel Gustavo Mansan Gordo. -- Jaboticabal, 2014
iv, 46 p. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientadora: Lucia Galvão de Albuquerque
Coorientador: Fernando Sebastián Baldi Rey
Banca examinadora: Danísio Prado Munari, Josineudson Augusto II de Vasconcelos e Silva, Arione Augusti Boligon, Fabyano Fonseca e Silva

Bibliografia

1. Área de olho de lombo. 2. Correlações Genéticas. 3. Escores Visuais. 4. Maciez. 5. Peso da carcaça quente I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.2:636.082

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ESTUDO GENÉTICO QUANTITATIVO DA QUALIDADE DA CARÇAÇA E DA CARNE E SUAS ASSOCIAÇÕES COM AS CARACTERÍSTICAS DE AVALIAÇÃO VISUAL NA RAÇA NELORE

AUTOR: DANIEL GUSTAVO MANSAN GORDO

ORIENTADORA: Profa. Dra. LUCIA GALVAO DE ALBUQUERQUE

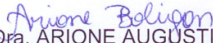
CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. FERNANDO SEBASTIÁN BALDI REY


Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM GENÉTICA E MELHORAMENTO ANIMAL , pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. LUCIA GALVAO DE ALBUQUERQUE
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. DANÍSIO PRADO MUNARI
Departamento de Ciências Exatas / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. JOSINEUDSON AUGUSTO II DE VASCONCELOS SILVA
Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal / Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu


Profa. Dra. ARIONE AUGUSTI BOLIGON
Universidade Federal de Pelotas / Pelotas/RS


Prof. Dr. FABYANO FONSECA E SILVA
Universidade Federal de Viçosa / Viçosa/MG

Data da realização: 21 de fevereiro de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Daniel Gustavo Mansan Gordo, nascido em Americana – SP em 31 de agosto de 1984, iniciou o curso de zootecnia na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp – Jaboticabal, em fevereiro de 2003, obtendo o grau de Zootecnista em dezembro de 2007. No mesmo ano, o autor realizou estágio curricular na Agropecuária Jacarezinho Ltda., em Cotegipe – BA e Valparaíso – SP. Em agosto de 2008 ingressou no curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento Animal, sob orientação da Professora Lucia Galvão de Albuquerque, como bolsista CAPES, obtendo o grau de mestre em 23 de fevereiro de 2010. Em março de 2010 iniciou o curso de Doutorado em Genética e Melhoramento Animal, sob orientação Professora Dra. Lucia Galvão de Albuquerque, como bolsista CAPES e, posteriormente, como bolsista CNPq. De janeiro a agosto de 2013 realizou estágio de doutorado sanduíche junto à *University of Guelph*, sob orientação do Dr. Stephen Miller.

Dedico

*À minha família, pelo apoio, dedicação, exemplo e,
principalmente, amor.*

Ofereço

*À minha noiva Fabiana, pelo amor, carinho, comprometimento e
companherismo.*

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Lucia Galvão de Albuquerque pela oportunidade, dedicação, ensinamentos e amizade, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Fernando Baldi, pelos ensinamentos, dedicação e comprometimento.

À todos os docentes do programa de Genética e Melhoramento Animal pelos ensinamentos.

Aos membros da banca examinadora, Profa. Dra. Arione Boligon, Prof. Dr. Fabyano Fonseca, Prof. Dr. Danísio Munari e Prof. Dr. Josineudson Augusto II de Vasconcelos e Silva pelas importantes sugestões.

Aos programas de Melhoramento Genético Paint e DeltaGen, bem como os pecuaristas participantes do projeto, pela colaboração na obtenção dos dados.

Aos frigoríficos JBS, Marfrig, Minerva e Fribarreiras por nos permitirem o acesso às instalações e à obtenção das amostras.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de doutorado (Processo nº 14260/2010 - 4).

À CAPES pela concessão da bolsa de doutorado sanduíche (BEX 12667/12-9).

Aos amigos da salinha, pelo ótimo ambiente de trabalho proporcionado e também pelos momentos de descontrações (churrascos, pizzas, futebol e cerveja!).

À Universidade de Guelph – Canadá, por me acolher nesta importante parte do meu doutoramento, bem como à todos os pesquisadores e estudantes de pós – graduação, que tive o prazer de conviver durante minha estadia.

À FCAV/Unesp, instituição na qual eu devo boa parte da minha vida acadêmica e que me deu toda a estrutura para a minha evolução profissional e também pessoal.

À todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho, obrigado!

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	1
2- OBJETIVOS	4
3- REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1 Características da carcaça	5
3.2 Características da carne	7
3.3 Características de escores visuais	9
3.4 Correlações genéticas entre as características da carcaça.....	10
3.5 Correlações genéticas entre as características da carne	11
3.6 Correlações genéticas entre características da carcaça e da carne.....	12
3.7 Correlações genéticas entre características de carcaça e de escores visuais.....	14
4 - MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4.1 Colheita das amostras e análises físicas e químicas.....	17
4.2 Análises genético quantitativas.....	21
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1 Estimativas de herdabilidade	26
5.2 Estimativas de correlações genéticas entre as características da carcaça	30
5.3 Estimativas de correlações genéticas entre as características da carne	31
5.4 Estimativas de correlações genéticas entre as características da carcaça e da carne.....	33
5.5 Estimativas de correlações genéticas entre as características da carcaça e escores visuais	35
6 - CONCLUSÕES	38
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

ESTUDO GENÉTICO QUANTITATIVO DA QUALIDADE DA CARÇAÇA E DA CARNE E SUAS ASSOCIAÇÕES COM AS CARACTERÍSTICAS DE AVALIAÇÃO VISUAL NA RAÇA NELORE

RESUMO - O Brasil destaca-se mundialmente como o maior exportador e o segundo maior produtor de carne bovina. Entretanto, o rebanho brasileiro é composto majoritariamente por animais de raças Zebuínas, que produzem carnes de menor qualidade sensorial, quando comparados com os animais de raças Taurinas. Apesar da importância dessas características para a cadeia produtiva, a seleção ainda é pouco praticada, uma vez que as mesmas são difíceis de serem medidas, dependendo do abate dos animais e, conseqüentemente, de realização de testes de progênie para avaliação dos touros, atrasando o processo seletivo. Desta forma, a seleção indireta por meio de características comumente empregadas nos programas de seleção apresenta-se como alternativa. Neste contexto, as avaliações visuais por escore têm sido incluídas nos programas de melhoramento genético de bovinos de corte, com o objetivo de melhorar características de carcaça. Objetivou-se com o presente trabalho estudar os parâmetros genéticos para as características da carcaça e carne, bem como suas relações com mensurações de avaliação visual. Os dados são provenientes de animais da raça Nelore, machos e fêmeas, que pertencem a dois programas de melhoramento genético – DeltaGen e Paint. Os animais com registros de dados fenotípicos para as características da carcaça e carne foram somente machos, nascidos entre 2008 e 2010, criados em sistemas de pastejo e confinados apenas na fase de terminação, por período ao redor de 90 dias. Foram utilizados registros de 36.660, 36.550, 36.550 e 36.550 animais machos e fêmeas, respectivamente, para peso à desmama (PD), conformação ao sobreano (C), precocidade ao sobreano (P) e musculatura ao sobreano (M) e, para as características da carcaça e da carne foram utilizados 1.442, 1.441, 1.435, 1.533, 1.535, 1.535, 1.534, 1.533 e 1.522 para área de olho de lombo (AOL), peso da carcaça quente (PCQ), espessura de gordura subcutânea (EGS), maciez medida pela força de cisalhamento (MACIEZ), escore de marmorização (MARM), teor de luminosidade (L^*), teor de vermelho (a^*), teor de amarelo (b^*) e gordura intramuscular (GI). Os componentes de (co)variância foram estimados pelo método de máxima verossimilhança restrita, utilizando modelos animal tri e multicaracterísticas, sempre incluindo o PD. Para PD foram incluídos no modelo os efeitos aleatórios genéticos aditivos, direto e materno, ambiente permanente materno e residual, e os efeitos fixos de grupo de contemporâneos (GC) e idades da vaca ao parto (IVP) e do animal (efeito linear e quadrático), como covariáveis. Para os escores visuais foram utilizados no modelo os efeitos aleatórios genético aditivo direto e residual, os efeitos fixos de grupo de contemporâneos e a idade do animal (linear e quadrático) como covariável. Para as características da carcaça e da carne foram utilizados no modelo os efeitos aleatórios genético aditivo direto e residual, os efeitos fixos do grupo de contemporâneos, e classes idade do animal ao abate e do tempo de confinamento aninhadas em fazenda e safra. As estimativas de herdabilidade para as características C, P, M, AOL, PCQ, EGS, MACIEZ, MARM, L^* , a^* , b^* e GI foram de 0,35, 0,33, 0,29, 0,21, 0,28, 0,08, 0,07, 0,15, 0,13, 0,13, 0,11, 0,07, respectivamente. As estimativas de correlações genéticas entre as características da carcaça (AOL, EGS e PCQ) foram de baixa magnitude. As

estimativas de correlações genéticas entre os escores visuais e o PCQ foram de alta magnitude (0,66 – 0,90). Entretanto, as correlações genéticas entre escores visuais e EGS e AOL foram de magnitude baixa a moderada. As estimativas de correlações genéticas entre as características da carcaça e da carne variaram de -0,73 a 0,92. A seleção para maiores AOL e PCQ pode levar, a longo prazo, a menor maciez da carne. As características da carcaça, área de olho de lombo e peso da carcaça quente possuem variabilidade genética e devem responder à seleção. A seleção para conformação, precocidade e musculatura deve promover mudança genética no mesmo sentido para o peso da carcaça quente. Os escores visuais são critérios de seleção adequados para o peso da carcaça quente. A seleção para maiores pesos da carcaça quente pode diminuir a área de olho de lombo e a espessura de gordura subcutânea. A seleção para uma das características da carne não acarretará em mudanças significativa nas demais, uma vez que as estimativas de herdabilidade foram baixas.

Palavras – Chave: área de olho de lombo, correlações genéticas, escores visuais, maciez, peso da carcaça quente

GENETIC QUANTITATIVE STUDY OF CARCASS AND MEAT QUALITY TRAITS AND THEIR ASSOCIATIONS WITH VISUAL EVALUATION IN NELLORE CATTLE

ABSTRACT - Brazil is the largest beef exporter and the second beef producer in the world. However, the Brazilian cattle composite is mostly *Bos indicus*, which produces meat with less quality than *Bos taurus*. Despite the importance of carcass (CARC) and meat quality (MQ) traits for the beef production cycle, its selection is not applied. Genetic evaluation after harvest is expensive because it requires a long period of time for the trait to be evaluated and consequently, also requires a progeny test. Therefore, the indirect selection through the traits which are commonly applied on breeding programs is feasible. Within this context, the visual evaluation using scores has been used on breeding programs, aiming to improve the carcass traits. The objective of the present study was to evaluate the genetic parameters of CARC and MQ, as well as their genetic associations with visual scores in Nellore cattle. For CARC and MQ traits were used only males, from animals that were born between 2008 and 2010, raised on grazing system and kept around 90 days in feed lot system for finishing. Records of 36,600, 36,550, 36,550, 1,442, 1,441, 1,435, 1,533, 1,535, 1,535, 1,534, 1,533 and 1,522 for yearling conformation (C), yearling finishing precocity (P), yearling muscling (M), rib eye area (REA), hot carcass weight (HCW), fat thickness (FT), Warner - Bratzler shear force (SF), marbling score (MS), lightness (L*), redness (a*), yellowness (b*) and intramuscular lipid (IL), respectively, were used. The (co)variance components were estimated by the restricted maximum likelihood method using tri and multitrait animal model. For the visual scores the model included the genetic additive and residual random effects, the contemporary group (CG) as a fixed effect and age of the animal (linear and quadratic) as covariate. For CARC and MQ the model included the genetic additive effect and residual effect as random effects, and the fixed effects of CG, class of slaughter age and length of feedlot period nested within farm-year, were considered. Heritability estimates for C, P, M, REA, HCW, FT, SF, MS, L*, a*, b* and IL were 0.35, 0.33, 0.29, 0.21, 0.28, 0.08, 0.07, 0.15, 0.13, 0.13, 0.11, 0.07, respectively. The estimated genetic correlations between visual scores and HCW were high (0.66 – 0.90). However, the estimated genetic correlations between visual scores and REA and FT were low to moderate. The estimated genetic correlations between CARC and MQ traits ranged from -0.73 to 0.92. The selection for greater REA and PCQ may result in less tender meat. The selection for C, P and M should promote genetic changes on the same direction for HCW. Using visual scores as selection criteria is suitable for HCW. Selection for HCW may decrease REA and FT. Due to the low heritability estimates for MQ traits, the selection for one of these traits will not affect the others.

Keywords: genetic correlations, hot carcass weight, rib eye area, tenderness, visual scores

1- INTRODUÇÃO

A proteína de origem animal é um elemento chave para a nutrição humana. Não por acaso, a maior demanda deste tipo de proteína se encontra nos países mais ricos. O consumo da carne bovina é ditado pelos países desenvolvidos, nos quais se encontram, de certa forma, os consumidores que estão dispostos a comprar e pagar mais por carne de qualidade superior (SOSNICKI; NEWMAN, 2010). O Brasil se destaca mundialmente como o maior exportador e o segundo maior produtor de carne bovina (MAPA, 2013). Entretanto, esforços devem ser aplicados para atender à demanda, tanto quantitativa como qualitativamente.

O rebanho brasileiro é composto majoritariamente por animais de raças zebuína. Ferguson et al. (2000) mostraram que quanto maior a proporção de genes zebuínos, maior o grau de dureza da carne. Isso se deve a vários fatores, dentre eles, a menor proporção de proteínas miofibrilares associadas a uma maior atividade da calpastatina (HOCQUETTE; RENAND; LEVÉZIEL, 2006). Outro atributo qualitativo da carne, o qual os zebuínos possuem em menor quantidade, quando comparados aos taurinos, é o índice de marmorização, que é positivamente relacionado com a suculência, sabor e, principalmente, com a maciez (MAGOLSKI et al., 2013).

A característica mais importante na decisão de compra da carne por parte dos consumidores é a coloração, uma vez que esta desperta a percepção de frescor do produto (MANCINI; HUNT, 2005). A coloração do músculo é também um dos fatores utilizados para determinar a qualidade da carcaça pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, pois a mesma está associada com a maturidade da carcaça, com o pH e a maciez da carne (WULF; WISE, 1999).

De acordo com Luchiari Filho (2000) as características de carcaça como peso, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea são importantes na comercialização dos produtos cárneos, uma vez que são indicadores da composição quantitativa da mesma. Segundo este autor, a área de olho de lombo é relacionada à musculosidade e ao rendimento da porção comestível; a espessura de gordura subcutânea é utilizada como indicador do grau de acabamento da carcaça, enquanto

que o peso da carcaça quente é empregado como característica classificatória nos frigoríficos, onde a mesma é diretamente relacionada ao pagamento destinado ao produtor. Animais que produzem carcaças mais pesadas recebem maior remuneração.

Outro aspecto importante para a qualidade da carne são os lipídeos. De forma geral, nos últimos anos, o consumidor procura carne bovina com menores teores de lipídeos totais (LOPES et al., 2012). Grandes mudanças no perfil e na quantidade de lipídeos na carne podem ocorrer em função de mudanças na alimentação dos animais e os fatores genéticos que afetam esta característica ainda são pouco estudados (DE SMET; RAES; DEMEYER, 2004).

Melhorias no desempenho dos animais quanto à qualidade da carcaça e da carne podem ser obtidas por meio de seleção (WARNER et al., 2010), uma vez que as estimativas de herdabilidade para as características da carcaça e da carne são, geralmente, de magnitude moderada (BURROW et al., 2001). Entretanto, estes últimos autores reportaram que, em geral, as estimativas são pouco acuradas, em função dos altos erros-padrão das mesmas.

Apesar da importância da qualidade da carcaça e da carne, a seleção ainda é pouco praticada, uma vez que as mesmas são difíceis de serem medidas, dependendo do abate dos animais e, conseqüentemente, de realização de testes de progênie para avaliação dos touros, atrasando o processo seletivo. A logística ligada às análises laboratoriais e a pouca cooperação por parte dos frigoríficos, encarecem e dificultam ainda mais a obtenção dos dados. Desta forma, a seleção indireta dessas características por meio de características comumente empregadas nos programas de seleção apresenta-se como alternativa.

As medidas morfológicas, como CPM (conformação, precocidade e musculatura), avaliadas por meio de escores visuais, têm sido incluídas nos programas de melhoramento genético de bovinos de corte, com o objetivo de melhorar características de carcaça. Entretanto, poucos estudos têm relacionado os escores de avaliação visual com as características medidas no *post mortem*. Na maior parte dos trabalhos encontrados na literatura os escores visuais são associados a características de carcaça medidas no *in vivo*, por ultrassonografia (YOKOO et al., 2009; GORDO et al., 2012). Nestes trabalhos, mostrou-se que a área

de olho do lombo e a espessura de gordura são correlacionadas de forma positiva com os escores visuais, entretanto, as correlações são baixas ou moderadas. Assim, a resposta indireta para a área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea por meio da seleção para os escores visuais deve ser lenta. Ferriani et al. (2013) estudaram as relações entre os escores visuais e o peso da carcaça quente e o acabamento da carcaça. Os autores relataram que a seleção baseada em conformação deve promover resposta correlacionada no peso da carcaça quente, uma vez que a estimativa de correlação genética entre ambas foi positiva e de magnitude moderada a alta.

Os produtores brasileiros devem criar animais que são lucrativos e, ao mesmo tempo, que forneçam carne que atendam às exigências dos consumidores. Uma vez que em vários programas de melhoramento da raça Nelore os escores visuais são incluídos nos índices de seleção, as consequências do uso desses critérios precisam ser conhecidas. Para isso, é necessário o desenvolvimento de estudos que quantifiquem a relação genético-aditiva entre as características de carcaça e da carne, medidas no *post mortem*, e escores visuais, visando encontrar alternativas economicamente viáveis para a seleção destas características.

2- OBJETIVOS

Objetivo geral

Uma vez que são escassas as observações para as características da carcaça e da carne em bovinos Nelore, o objetivo geral deste projeto foi formar uma base de dados dessas características, que permita o estudo genético quantitativo da qualidade da carcaça e da carne e suas relações com os escores visuais, visando propor alternativas para o melhoramento genético das mesmas por meio da seleção.

Objetivos Específicos

- 1) Estimar parâmetros genéticos para as características de carcaça e carne mensuradas após o abate do animal;
- 2) Verificar se as características de escores visuais utilizadas como critério de seleção nos programas de melhoramento são indicadoras eficientes das características de carcaça;
- 3) Investigar a associação genética entre as características da carcaça e entre as características da carne, bem como entre os dois grupos.

3- REVISÃO DE LITERATURA

Na raça Nelore são escassos os estudos relatando parâmetros genéticos para as características ligadas à qualidade da carcaça (peso da carcaça quente, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea) e carne (coloração, escore de marmorização, força de cisalhamento e lipídeos totais). Na maioria dos trabalhos internacionais em que se quantificou a magnitude da variação genética dentro de raças para as características relacionadas à qualidade da carne, utilizaram-se bovinos *Bos taurus* criados em clima temperado e, para efeito de comparação, foram empregados animais adaptados às condições de clima tropical (BURROW et al., 2001; WOLCOTT et al., 2009). Na maioria dos trabalhos foi utilizado um pequeno número de medidas e o método de correlação intra-classe para estimação dos parâmetros genéticos.

3.1 Características da carcaça

A área de olho de lombo (AOL) é mensurada transversalmente no músculo *Longissimus dorsi* (contra-filé) na região entre a 12^a e 13^a costela e expressa em centímetros quadrados (cm²). Esta tem sido relacionada à musculosidade, ao rendimento da carcaça e, principalmente, ao rendimento dos cortes de alto valor comercial (LUCHIARI FILHO, 2000).

A espessura de gordura subcutânea (EGS) também é mensurada na região entre a 12^a e 13^a costelas, quantifica a gordura depositada sobre o músculo *Longissimus dorsi* e é expressa em milímetros (mm). Segundo Luchiari Filho (2000) a gordura é o tecido que mais varia na composição da carcaça de bovinos, não somente devido à variabilidade desta característica entre as diversas raças, mas também devido aos hábitos alimentares que variam entre os países, passando de desejável a extremamente indesejável. De acordo com alguns estudos as medidas de gordura subcutânea explicam de duas a três vezes mais a variação no rendimento dos cortes comerciais do que a área de olho de lombo e está altamente associada aos pesos dos cortes (COSTA et al., 2002). Esta característica têm sido comumente utilizada como indicador de acabamento externo de carcaça e medida

indireta de musculosidade da carcaça, em função da correlação negativa existente em ambas características (SUGUISAWA et al., 2006).

O peso de carcaça quente (PCQ) é a característica econômica mais importante em termos de comercialização, pois é a partir do mesmo que os produtores são remunerados. Abater animais mais pesados apresenta de certa forma, vantagens para o frigorífico, visto que carcaças mais pesadas demandam a mesma mão de obra e tempo de processamento que carcaças mais leves. Além disso, Arboitte et al. (2004) relataram que o valor comercial das partes não integrantes da carcaça, como couro, órgãos internos e vísceras, estão diretamente relacionados com o seu peso. Alguns fatores estão relacionados ao peso da carcaça, são eles: o sexo, a raça ou tipo do animal e o plano nutricional.

Em uma revisão de 14 estudos que estimaram herdabilidade para características de carcaça (PCQ e EGS), em animais *Bos taurus* e *Bos indicus*, Burrow et al. (2001) observaram que estas características apresentam herdabilidade de magnitude moderada e, portanto, devem responder relativamente rápido à seleção. No Brasil, são raros os trabalhos em que se estudam as características de carcaças medidas no *post mortem*, dentre eles destacam-se os de Rezende et al. (2009) e Ferriani et al. (2013). Neste contexto, Rezende et al. (2009) estimaram coeficientes de herdabilidade para o PCQ de 0,38, em bovinos da raça Nelore. Por outro lado, estimativa inferior (0,20) foi relatada por Ferriani et al. (2013), em animais também da raça Nelore. Para outros atributos da carcaça, como AOL e EGS, Rezende et al. (2009) publicaram estimativas de herdabilidade de 0,35 e 0,52, respectivamente.

Trabalhando com animais cruzados no Canadá, Devitt e Wilton (2001) descreveram estimativas de herdabilidade de 0,45; 0,35 e 0,47 para AOL, EGS e PCQ, respectivamente. Estimativas inferiores foram relatadas por Fernandes et al. (2002), de 0,40, 0,17 e 0,30 para as mesmas características, respectivamente, também em animais cruzados no Canadá. Em trabalho realizado na Austrália com animais adaptados ao clima tropical (Brahman, Belmont Red e Santa Gertrudis) e temperado (Angus, Hereford e Murray Gray), Reverter et al. (2003b) estimaram herdabilidade para AOL, EGS e PCQ de 0,41, 0,32 e 0,36 e 0,27, 0,30 e 0,39, respectivamente. Em outro estudo também desenvolvido na Austrália, Wolcott et al.

(2009) reportaram estimativas de herdabilidade para AOL, EGS e PCQ em dois grupos genéticos. No primeiro, realizado com animais da raça Brahman, as estimativas de herdabilidade foram de 0,26, 0,21 e 0,52 para AOL, EGS e PCQ respectivamente. No segundo grupo, utilizando dados de animais compostos (50% *Bos indicus* e 50% *BosTaurus*), as estimativas de herdabilidade para AOL, EGS e PCQ foram de 0,26, 0,24 e 0,43, respectivamente.

De forma geral, os resultados descritos na literatura foram de magnitude moderada e sugerem que estas características devem responder à seleção individual.

3.2 Características da carne

A coloração é uma característica física da carne que tem importância única para a comercialização do produto, assegurando, em condições normais de conservação, índice de frescor e segurança alimentar, influenciando a decisão de comprar ou não o produto (RENERRE, 1982). A mensuração da coloração da carne é também importante pelo fato da mesma estar relacionada com o pH muscular, maturidade da carcaça e com a maciez (WULF; WISE, 1999).

A cor da carne depende da concentração de seu principal pigmento, a mioglobina, bem como da estrutura da superfície muscular (AGULLÓ et al., 1990; BERIAIN et al., 2009). Em geral, a coloração da carne é medida pelos valores L^* , a^* e b^* . O valor de L^* indica o quanto da luz incidida pelo colorímetro sobre a carne foi refletida e, os valores de a^* e b^* indicam o teor de vermelho e amarelo, respectivamente (TAPP; YANCEY; APPLE, 2011). A coloração da carne zebuína apresenta, de forma geral, menor índice de reflexão da luz, quando comparada a carnes de origem taurina (MANCINI; HUNT, 2005). Desta forma, estudos que analisem a coloração da carne zebuína, bem como a sua variabilidade genética, assumem uma importante função no que se diz respeito à aceitação ou não do produto por parte dos consumidores.

As estimativas de herdabilidade para coloração da carne variam de baixas a altas. Reverter et al. (2003a) utilizando animais adaptados ao clima tropical (Brahman, Belmont Red e Santa Gertrudis), reportaram estimativas de 0,11 para L^*

e a^* . Trabalhando com animais das mesmas raças, Johnston et al. (2003) obtiveram coeficientes de herdabilidade de 0,17 para L^* e 0,13 para a^* . Estes resultados indicam que a resposta à seleção para estas características deve ser lenta. Wolcott et al. (2009), em estudo com bovinos na Austrália, relataram estimativas de herdabilidade para L^* e a^* , respectivamente, de $0,20 \pm 0,10$ e $0,00 \pm 0,05$, para animais da raça Brahman e de $0,42 \pm 0,11$ e $0,09 \pm 0,06$, para compostos tropicais.

A maciez assume posição de destaque entre os fatores relacionados com a qualidade da carne bovina, sendo considerada como a característica organoléptica de maior importância na aceitação do produto por parte dos consumidores (DE STEFANIS et al., 2008). Embora animais de raças zebuínas apresentem maior adaptabilidade ao meio, os mesmos produzem carnes com menor maciez, devido à menor proporção de gordura intramuscular, quando comparados aos animais taurinos (FERRAZ; FELÍCIO, 2010).

Connor et al. (1997) apresentaram estimativas de herdabilidade para a maciez da carne de magnitude moderada (0,27), em animais da raça Brangus e Braford. Em uma revisão de diversos estudos para características da carcaça e da carne, Burrow et al. (2001) relataram estimativas de herdabilidade que variaram de 0,26 a 0,70 para maciez da carne. Os mesmos autores ressaltaram que as estimativas apresentaram altos erros padrão. Wolcott et al. (2009), em estudo com animais da raça Brahman e compostos tropicais na Austrália, relataram estimativa de herdabilidade para animais da raça Brahman de $0,33 \pm 0,10$ para maciez. Para os compostos tropicais, a estimativa de herdabilidade para a mesma característica foi de $0,32 \pm 0,10$. Os autores concluíram que a maciez deve responder rapidamente à seleção. Rezende et al. (2009), trabalhando com animais da raça Nelore, estimaram coeficiente de herdabilidade para maciez de 0,18, sugerindo a possibilidade de obtenção de ganhos genéticos relativamente lentos por meio de seleção.

O escore de marmorização da carne é usado como indicador da quantidade de gordura intramuscular, apresentando correlação positiva com a maciez da carne, sendo essencial para a palatabilidade do alimento (FERNANDEZ et al., 1999). A escala de escore de marmorização desenvolvida pelo departamento de agricultura dos Estados Unidos, varia de 1 a 10, sendo 1 = praticamente ausente, 2 = traços, 3 =

leve, 4 = pouco, 5 = modesto, 6 = moderado, 7 = levemente abundante, 8 = moderadamente abundante, 9 = abundante e 10 = muito abundante.

Vaz et al. (2001) relataram que não deve ser generalizado o conceito de que carnes com maior conteúdo de gordura irão apresentar melhor palatabilidade. Por outro lado, Restle et al. (2003) observaram melhor palatabilidade da carne de vacas Nelore quando comparadas a carne de vacas Charolês. Os autores relataram que esses resultados estão relacionados à maior quantidade de marmoreio presente na carne das vacas da raça Nelore, ou seja, a diferença ocorreu pela maior deposição de gordura intramuscular presente nos animais.

Burrow et al. (2001), em uma revisão, reportaram coeficientes de herdabilidade para escore de marmorização de diferentes magnitudes, que variaram de 0,16 a 0,47. As diferenças nestes resultados se devem, em grande parte, ao fato de que várias formas subjetivas para a avaliação da característica foram utilizadas nos trabalhos, além dos diferentes grupos genéticos estudados e as diferentes metodologias para estimação das herdabilidades. Trabalhando com bovinos da raça Brahman, Riley et al. (2002), reportaram coeficientes de herdabilidade para essa característica de magnitude moderada, variando de 0,44 a 0,47. Estimativas de herdabilidade de menor magnitude foram descritas por Reverter et al. (2003b) que, trabalhando com animais adaptados ao clima tropical (Brahman, Belmont Red e Santa Gertrudis) e taurinos (Angus, Hereford, Murray Grey e Shorthorn), reportaram estimativas de 0,17 e 0,25, respectivamente. De forma semelhante, Wolcott et al. (2009), em estudo com animais da raça Brahman e compostos tropicais na Austrália, relataram estimativas de herdabilidade de $0,17 \pm 0,08$ e $0,35 \pm 0,10$, respectivamente.

3.3 Características de escores visuais

Os escores visuais são considerados uma boa forma de identificar diferenças entre indivíduos, além de permitirem a avaliação de um grande número de animais sem que os mesmos sejam submetidos a mensurações, facilitando o processo e, conseqüentemente, diminuindo o custo de implantação (KOURY FILHO et al., 2010). No Brasil, alguns programas de melhoramento genético utilizam a avaliação visual

com os escores de conformação (C), precocidade de terminação (P) e musculatura (M) como critério de seleção. Segundo Jorge Júnior et al. (2001), a conformação avalia o animal em termos de produção de carne, se abatido naquele momento. A precocidade é pontuada de acordo com a expectativa de se chegar ao ponto de abate com o peso vivo não muito elevado. As maiores notas são dadas a animais com boa profundidade de costelas e elevada abertura torácica, além de avaliar a deposição de gordura na virilha. Já na musculatura observa-se a evidência de massas musculares no animal. As avaliações visuais por meio de escores de C, P e M foram amplamente estudadas e vários autores relataram que as mesmas possuem estimativas de herdabilidade de magnitude moderada a alta (0,24 a 0,63) e, portanto, devem responder à seleção (FORNI; FEDERICI; ALBUQUERQUE, 2007; KOURY FILHO et al., 2009; KOURY FILHO et al., 2010).

3.4 Correlações genéticas entre as características da carcaça

Alguns estudos reportaram estimativas de correlações genéticas entre a AOL e a EGS, medidas por ultrassonografia (*in vivo*), de baixa magnitude. Dentre eles, na raça Nelore, Yokoo et al. (2008) relataram estimativa de correlação genética de baixa magnitude (0,06) e Gordo et al. (2012), de magnitude moderada (0,25). Estes resultados indicam que essas características são determinadas em grande parte, por diferentes grupos de genes de ação aditiva, porém indicam uma relação favorável entre essas características e que a seleção para AOL pode levar a longo prazo, a um aumento da EGS. Quando medidas no *post mortem*, as estimativas de correlações genéticas entre AOL e EGS são, de forma geral, de baixa magnitude. Neste sentido, Wilson et al. (1993), Gregory et al. (1995) e Moser et al. (1998), estudando animais taurinos nos Estados Unidos, relataram estimativas de correlação genética semelhantes entre essas características de -0,06, -0,06 e -0,05, respectivamente. Devitt e Wilson (2001) reportaram estimativa de correlação genética de 0,15 em animais cruzados, e Riley e Chase (2002) de 0,02, em animais da raça Brahman.

As estimativas de correlações genéticas encontradas na literatura entre PCQ e EGS variam entre estudos, de sinais opostos e de magnitudes diferentes. Devitt e

Wilson (2001) relataram estimativa de correlação genética entre essas características de 0,15. Este resultado foi reforçado por Riley e Chase (2002), que estimaram correlação genética de 0,02. Estimativas de correlações genéticas de diferentes magnitudes e opostas às anteriores foram relatadas por diversos autores. Shanks et al. (2001), em um rebanho da raça Simental nos Estados Unidos, estimaram correlação genética entre PCQ e EGS de -0,37. Da mesma forma, Reverter et al. (2003b), estudando bovinos taurinos e compostos tropicais na Austrália, mostraram que a seleção para carcaças mais pesadas resultaria em animais com menores espessuras de gordura subcutânea, uma vez que as estimativas de correlações genéticas entre essas características foram de -0,39 para ambos os grupos genéticos. Estudos anteriores a esses também reportaram estimativas de correlações genéticas entre essas características de magnitude moderada e negativa (MOSEER et al., 1998; REVERTER et al., 2000).

Segundo Koots et al. (1994), em uma revisão de parâmetros genéticos de características da carcaça, as estimativas de correlações genéticas entre AOL e PCQ foram, em média, de magnitude moderada e positiva, de 0,48. Semelhantemente, a estimativa de correlação genética entre essas características reportada por Shanks et al.(2001) foi de 0,39. Reverter et al. (2003b) estimaram correlações genéticas para essas características de diferentes magnitudes para raças taurinas e compostos tropicais, de 0,45 e -0,28, respectivamente. Outros autores relataram estimativas de correlações genéticas entre AOL e PCQ (*post mortem*) positivas, de magnitude moderada a alta, variando de 0,30 a 0,70 (WILSON et al., 1993; CREWS et al., 2001; DEVITT e WILTON, 2001). De forma geral, espera-se que essas estimativas de correlações genéticas sejam positivas e de magnitude alta, uma vez que a área de olho de lombo é um indicador da musculosidade da carcaça, que por sua vez é o principal componente do peso da carcaça.

3.5 Correlações genéticas entre as características da carne

De forma geral, os escores de marmorização da carne são considerados como indicadores da maciez da carne. Esta relação é reforçada no caso da carne de animais do grupo *Bos indicus*, os quais apresentam menor percentagem de gordura

intramuscular e maciez da carne em comparação com bovinos do grupo *Bos taurus*. De acordo com os resultados obtidos por Jones et al. (1991), Shackelford et al. (1994) e Wheeler et al. (1996) a percentagem de gordura intramuscular, em termos fenotípicos, explica uma baixa proporção da variação da maciez da carne (<5%). As relações genéticas entre essas características foram revisadas por Burrow et al. (2001). Estes autores revelaram que o aumento da maciez seria geneticamente associado ao aumento da gordura intramuscular. Entretanto, este trabalho enfatizou que as estimativas de correlações genéticas entre a gordura intramuscular e a maciez seguem a mesma tendência das correlações genéticas entre peso da carcaça e maciez, ou seja, apresentam estimativas pouco acuradas e os resultados não são confiáveis. Dikeman et al. (2005) concluíram que a seleção para a marmorização não alteraria a maciez da carne. Neste sentido, Smith et al. (2007) relataram estimativas de correlações genéticas entre escore de marmorização e maciez em estágio de maturação de 7 e 14 dias, de $0,08 \pm 0,34$ e $-0,02 \pm 0,36$, respectivamente.

O teor de luminosidade (L^*) e o teor de vermelho (a^*) são negativamente correlacionados com a maciez medida pela força de cisalhamento. Segundo Johnston et al. (2003), que estudaram dois grupos de animais na Austrália, um grupo de animais cruzados (*Bos taurus* x *Bos indicus*) e outro de animais *Bos taurus*, as estimativas de correlações genéticas da maciez com L^* e a^* foram de -0,40 e -0,60 para ambos os grupos, respectivamente. Esses resultados indicam que é possível a seleção indireta da maciez por meio da seleção da coloração da carne. Não foram encontradas na literatura outras estimativas de correlações genéticas entre essas características.

3.6 Correlações genéticas entre características da carcaça e da carne

Os trabalhos publicados sobre estimativas de correlações genéticas entre PCQ e maciez da carne indicam, geralmente, correlações negativas (favoráveis), entretanto, a maioria dos estudos mostrou altos erros-padrão (BURROW et al., 2001). Neste sentido, Marshall (1994), em uma revisão de dois estudos em animais *Bos taurus*, relatou correlação média igual a zero entre estas características.

Gregory et al. (1995), estudando uma população de animais *Bos taurus* puros e cruzados, obtiveram estimativa de $-0,10 \pm 0,37$, Wheeler et al. (1996), também em animais *Bos taurus*, relataram uma estimativa de correlação genética de $-0,47 \pm 0,39$. Entretanto, o resultado de Elzo et al. (1998), em uma população de animais cruzados Angus x Brahman, foi de baixa magnitude ($-0,09$). Pode-se concluir, a partir destes trabalhos, que a seleção para maior peso da carcaça não deve comprometer a maciez da carne. Esta conclusão é reforçada pelo trabalho de Wulf et al. (1996), que reportaram baixa associação entre as características da carcaça e a palatabilidade da carne.

Reverter et al. (2003a), trabalhando com animais raças tropicais e taurinas na Austrália, reportaram estimativas de correlações genéticas entre o PCQ e as características da carne semelhantes entre os dois grupos. Os autores mostraram que o PCQ é moderadamente correlacionado com a maciez ($-0,21$), e praticamente não tem associação genética com o índice de gordura intramuscular ($-0,03$). Além disso, observaram que carcaças mais pesadas são geneticamente associadas com maiores teores de reflexão na carne (L^*) e menores teores de vermelho (a^*), com estimativas de correlações genéticas de $0,66$ e $-0,51$, respectivamente.

Fenotipicamente, de acordo com alguns estudos, a maciez é menor em carcaças com menores espessuras de gordura subcutânea (KING et al., 2003; KOOHMARAIE; DOUMIT; WHEELER, 1996). Bidner et al. (1997) mostraram que a remoção da camada de gordura da carcaça resultou em rápido resfriamento da mesma e, conseqüentemente, maior pH e menor maciez.

As estimativas de correlações genéticas entre EGS e a maciez (mensuradas pela força de cisalhamento) encontradas na literatura são negativas e de magnitude moderada, indicando que a seleção para maiores EGS resultará em animais com carne mais macia. Neste sentido, Wheeler et al. (2001) estudando animais cruzados nos Estados Unidos, estimaram correlação genética entre essas características de $-0,41$. Smith et al. (2007) investigaram a relação genética entre a EGS e a maciez em diferentes tempos de maturação, 7 e 14 dias. Os autores relataram estimativas de correlações genéticas de $-0,41$ e $-0,50$, entre EGS e maciez mensurada no sétimo e décimo quarto dia de maturação, respectivamente. Por outro lado, Warner et al. (2010) concluíram que as estimativas de correlações genéticas entre EGS e maciez

variam muito entre estudos. Estes antagonismos se devem, provavelmente, às diferentes populações estudadas, aos manejos adotados e às metodologias aplicadas na mensuração dessas características.

Estudando animais da raça Brahman, Elzo et al. (1998) e Riley et al. (2002) reportaram estimativas de correlações genéticas entre EGS e o índice de gordura intramuscular (IG) de 0,03 e 0,56, respectivamente. De acordo com Reverter et al. (2003b), as estimativas de correlações genéticas entre essas características são de magnitude moderada e semelhantes entre bovinos cruzados (*Bos taurus* x *Bos indicus*) e *Bos taurus*, de 0,20 e 0,21, respectivamente. Estes resultados indicam que a seleção para maior EGS pode levar, a longo prazo, ao aumento da GI. No mesmo estudo, os autores relataram estimativa de correlação genética entre espessura de gordura subcutânea e escore de marmorização de 0,12 e 0,13, para bovinos cruzados e taurinos, respectivamente.

Estimativas de correlações genéticas entre AOL e as características da carne foram reportadas por Reverter et al. (2003b). Os autores concluíram que a seleção para maior AOL em bovinos cruzados deve resultar em carne com menor teor de luminosidade (L^*) e com menor escore de marmorização (MARM), entretanto, em pouco deve alterar a maciez, o teor de vermelho (a^*) e o GI, uma vez que as estimativas de correlações genéticas entre AOL e L^* , MARM, a^* , maciez e GI foram de -0,28, -0,23, 0,07, -0,14 e -0,15, respectivamente. Entretanto, Bonfatti et al. (2013), que estudaram as relações genéticas entre as características da carcaça medidas por ultrassonografia em touros da raça Piemontês e as características da carne mensuradas em animais que pertenciam a rebanhos geneticamente ligados a esses touros, observaram que as estimativas de correlação genética entre a AOL e as medidas de coloração da carne (L^* , a^* e b^*), são moderadas e positivas e que, portanto, a seleção para AOL deve produzir carne mais pálida e avermelhada. As relações genéticas entre AOL e maciez relatadas por esses autores foram de baixa magnitude, de -0,08.

3.7 Correlações genéticas entre características de carcaça e de escores visuais

Para que as características da carcaça possam ser utilizadas como critério de seleção, é necessário ter estimativas de correlações genéticas acuradas destas características e aquelas comumente empregadas em programas de melhoramento genético, como as de avaliação visual medidas por escores. Neste sentido, os trabalhos encontrados na literatura relatam, em sua grande maioria, estimativas de correlações genéticas entre os escores visuais e a AOL e a EGS obtidas *in vivo*, por meio da ultrassonografia. Na raça Nelore, Yokoo et al. (2009) estimaram correlações genéticas entre AOL e escores visuais de estrutura (E), precocidade (P) e musculosidade (M) de 0,54, 0,58 e 0,61, respectivamente. Gordo et al. (2012), utilizando o mesmo banco de dados do trabalho anterior, porém com um maior número de observações, relataram estimativas de menores magnitudes, variando de 0,37 a 0,44. Os mesmos autores mostraram que as estimativas de correlações genéticas entre EGS e E, P e M na literatura são de magnitude positiva e moderada, indicando que a seleção para escores pode a longo prazo aumentar a deposição de gordura.

Estudando animais da raça Hereford, Koch et al. (2004) reportaram estimativas de correlações genéticas entre M e PCQ, AOL (*post mortem*) e índice de marmorização (*post mortem*) de magnitude moderada e positiva, variando de 0,22 a 0,29. Os autores concluíram que a seleção baseada no escore de musculosidade pode levar ao aumento destas características. Mais recentemente, Bonfatti et al. (2013), estudando 1.208 animais da raça Piemontês na Itália, relataram estimativa de correlação genética entre M medido na palheta e ganho médio diário de carcaça, calculado pelo PCQ dividido pela idade ao abate, de baixa magnitude (0,11). Este resultado indica que a seleção para maiores escores de musculosidade em nada deve afetar o ganho médio diário da carcaça. As diferenças entre essas estimativas podem ser devidas às raças utilizadas, ao ambiente proporcionado a cada rebanho e, principalmente, às diferentes metodologias empregadas nas avaliações visuais.

Uma vez que os escores visuais são empregados principalmente no Brasil e este trabalho é um dos primeiros a relacionar os escores visuais e as características de carcaça (*post mortem*), são escassos os estudos que relatam as estimativas de correlações genéticas entre essas características. Na maioria dos trabalhos internacionais, são descritas relações entre características de crescimento e as

características da qualidade da carne e da carcaça (WHEELER; CUNDIFF; KOCH, 1996; RILEY et al., 2002, 2003). Desta forma, não é possível construir uma revisão ampla e informativa sobre o assunto.

4 - MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Colheita das amostras e análises físicas e químicas

Os dados são provenientes de animais da raça Nelore, machos e fêmeas, que pertencem a dois programas de melhoramento genético –DeltaGen e Paint. Os animais com registros de dados fenotípicos para as características da carcaça e carne foram somente machos, nascidos entre 2008 e 2010, criados em sistemas de pastejo e confinados apenas na fase de terminação, por período ao redor de 90 dias. No abate, os animais tinham média de idade de 735 ± 84 dias. Para as características de escores visuais e para o peso à desmama, foram utilizados animais também nascidos entre 2008 e 2010, machos e fêmeas.

A avaliação visual por escores para conformação (C), precocidade (P) e musculatura (M) foi realizada por técnicos treinados, de acordo com o seguinte procedimento: primeiramente observou-se todo o lote, que caracteriza o grupo de contemporâneos, visualizando-se o perfil médio do lote para cada característica avaliada, o que serviu de base de comparação. Atribuíram-se escores que variaram de 1 a 5 às características de C, P e M, sendo 5 a maior expressão e 1 a menor expressão da característica. As avaliações de C são influenciadas pelo tamanho do animal (principalmente pelo comprimento) e pelo grau de musculabilidade. A P é avaliada de acordo com a profundidade da costela, pelo tamanho da caixa torácica e pelas evidências de deposição de gordura na virilha e na cauda do animal. Já na M avaliam-se as evidências de massas musculares em pontos como a paleta, antebraço, lombo, garupa e traseiro.

Para obtenção das medidas de carcaça e carne, os abates foram acompanhados nos estados de São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Bahia, em plantas frigoríficas comerciais. As carcaças foram identificadas com fitas numeradas amarradas ao garrão, ligando a carcaça à identificação do animal obtida logo após a sangria. Padronizou-se a utilização da meia carcaça esquerda de cada animal para as análises das carcaças e carnes. Os frigoríficos eram registrados pelo serviço de inspeção federal (SIF), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Assim, de acordo com a legislação, as carcaças eram

resfriadas até atingirem a temperatura igual ou inferior a 5°C, em um período entre 24 e 48 horas *post mortem*. Não houve maturação, apenas o resfriamento das mesmas. Após este período, foi realizada a desossa das meias carcaças, quando então foram retiradas as amostras do músculo *Longissimus dorsi*, entre a 12ª e a 13ª costela (Figura 1). Em seguida, essas amostras foram congeladas e depois transportadas até o local onde foram realizadas as análises das mesmas. As análises foram realizadas no Laboratório de Certificação da Qualidade da Carne, localizado em Pardinho – SP, em parceria com o Departamento de Química e Bioquímica - IB - UNESP, Botucatu – SP e na UNESP de Jaboticabal.



Figura 1: Amostras retiradas entre a 12ª e 13ª costelas.

As características da carcaça avaliadas foram o peso da carcaça quente (PCQ), área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS). O PCQ foi medido após a sangria, esfolação, evisceração, remoção da cabeça, patas, rabada, órgãos genitais externos, gordura peri - renal e inguinal, ferida de sangria, medula espinhal e diafragma. A AOL e EGS foram obtidas nas amostras retiradas entre a 12ª e a 13ª costela. A AOL foi medida pelo método do quadrante de pontos

(em que cada quadrado corresponde a um cm^2), o qual foi colocado sobre a amostra, e a soma de todos os quadrados corresponde à área de olho de lombo do animal. Para determinar a EGS foi utilizado um paquímetro. Foi medida a camada de gordura subcutânea localizada a um ângulo de 45 graus a partir do centro geométrico da amostra. Os valores de EGS foram dados em milímetros.

As características da carne medidas foram:

- Maciez, mensurada pela força de cisalhamento;
- Escore de Marmorização (MARM);
- Gordura Intramuscular (GI), obtida por extração de lipídeos, em porcentagem e;
- Características de coloração da carne – luminosidade (L^*), teor de vermelho (a^*) e teor de amarelo (b^*).

A maciez foi medida pelo procedimento padronizado e proposto por Wheeler et al. (1996), no qual as amostras de 1 polegada de espessura são retiradas das peças previamente colhidas nos frigoríficos, descongeladas e assadas até atingirem a temperatura interna de $71\text{ }^\circ\text{C}$. A medição da temperatura interna foi feita com o auxílio de um termopar instalado no centro geométrico da peça. Assim, as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente e refrigeradas por volta de $1\text{ }^\circ\text{C}$ por um período de 24 hr, quando então foram retirados de 6 a 8 cilindros de meia polegada de diâmetro. Estes cilindros foram submetidos ao cisalhamento utilizando o equipamento *Salter Warner – Bratzler Shear Force* mecânico, com capacidade de 25 kgf e velocidade de seccionamento de 20 cm/minuto. A média aritmética da força de cisalhamento dos 6 a 8 cilindros foi utilizada como medida da maciez, expressa em kgf.

O MARM foi medido utilizando escala de graduação visual “*Quality grade*” adotado pelo departamento de agricultura dos Estados Unidos, adaptada no Laboratório de Qualidade e Certificação da Carne - LQCC aos padrões de marmorização comumente encontrados no rebanho nacional. Esta escala vai de zero (marmorização da carne ausente) até seis (marmorização da carne moderada) (Figura 2).

A determinação da coloração da carne foi realizada nas amostras descongeladas e mantidas por período de 40 minutos em temperatura ambiente e em contato com o oxigênio. As medidas de coloração da carne foram realizadas

utilizando-se um colorímetro KONICA MINOLTA - CR 400 (MinoltaCo. Ltda.), segundo metodologia proposta por Renerre (1982), em que o equipamento foi calibrado para um padrão branco no sistema CIE $L^* a^* b^*$, em que foram tomadas as medidas absolutas das coordenadas de luminosidade (L^*), coloração vermelha (a^*) e coloração amarela (b^*) (Figura 3).

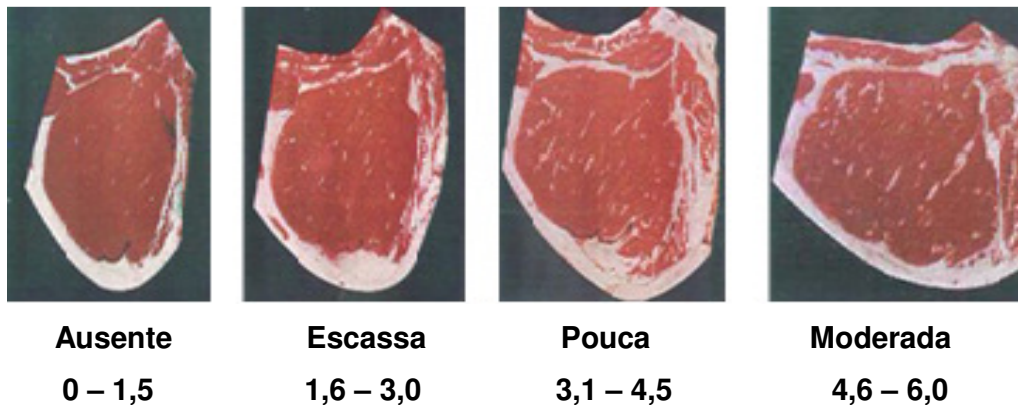


Figura 2: Referências para a determinação dos escores de marmorização das amostras. Fonte: Laboratório de Qualidade e Certificação da Carne.

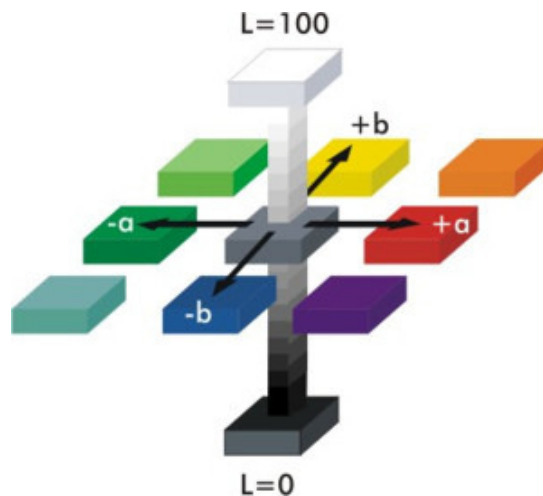


Figura 3: Colorímetro CIELAB

Fonte: Minolta, 1998

A quantificação de gordura intramuscular medida pela extração de lipídeos totais seguiu a metodologia descrita por Bligh e Dyer (1959), a qual demonstra

eficácia na extração de todos os grupos de lipídeos encontrados em amostras frescas de alimentos (com grande quantidade de água na composição).

Para a extração de lipídeos, foram utilizadas amostras de carne crua e moída e com pesos de aproximadamente 3,0 g. Estas amostras foram transferidas para erlenmeyer de 250 mL, em que foram adicionados 10 mL de clorofórmio, 20,0 mL de metanol e 8,0 mL de água destilada. Após homogeneização das amostras com bastão de vidro para a obtenção de maior contato possível com os reagentes utilizados, os erlenmeyers foram então colocados em mesa agitadora horizontal por 30 minutos. Em seguida foram adicionados 10,0 mL de clorofórmio e 10,0 mL de solução aquosa de sulfato de sódio 1,5%. As amostras foram agitadas por mais dois minutos e transferidas para tubos falcon de 50,0 mL e centrifugados a 1000 Xg por dois minutos em temperatura ambiente (RT). Após a centrifugação, a camada sobrenadante foi descartada e o restante foi filtrado em papel de filtro, com o intuito de separar os fragmentos de amostra de carne da solução contendo os lipídeos que foram extraídos dessas amostras.

A sucção das amostras filtradas foi feita em provetas graduadas de 25,0 mL e tiveram o valor do filtrado anotado, uma vez que o volume de lipídeos extraído é utilizado nos cálculos da quantidade de lipídeos totais. Foram medidos 5,0 mL do filtrado e transferido para becker de 50,0 mL, os quais foram previamente secos em estufa e esfriados em dessecador por pelo menos 24 horas para assim serem pesados em balança analítica (BEL Mark 210-A, BEL Enginnering). Os beckers contendo as amostras foram colocados em estufa a 110 °C até evaporação total do solvente, depois foi resfriado em dessecador (O/N) e novamente pesado em balança analítica. As diferenças do peso inicial do becker (sem amostra) e peso final (com amostra e após evaporação do solvente), determinaram a quantidade percentual de lipídeos nas amostras.

4.2 Análises genético quantitativas

Os grupos de contemporâneos (GC) foram definidos de acordo com cada característica. Para o peso à desmama (PD), o GC foi formado a partir dos efeitos de safra e fazenda de nascimento, sexo, e grupos de manejo ao nascimento e à

desmama. Para os escores ao sobreano de conformação (C), precocidade (P) e musculatura (M), o GC foi composto pelos efeitos de sexo, safra, fazenda e grupo de manejo ao sobreano. Uma vez que a avaliação dos escores se dá de acordo com a média do grupo de manejo ao sobreano, o efeito do grupo de manejo à desmama não foi incluído no GC, com o intuito de evitar que animais que foram avaliados juntos fossem separados no grupo de contemporâneos. A definição do GC para as características da carcaça e da carne foi a mesma utilizada para os escores visuais, sem o efeito de sexo. Para PD, os GCs com menos de 3 animais foram excluídos. Esse procedimento não foi adotado para as características de escores visuais, da carcaça e da carne, pois não havia GC com menos de 3 animais.

Para o PD e as características da carcaça e carne foram excluídas observações com medidas de três e meio desvios-padrão acima ou abaixo da média do seu grupo de contemporâneos. As estatísticas descritivas do arquivo de dados, após consistência, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Número de animais com medidas (N), médias e os respectivos desvios-padrão (DP), moda (Moda), mínimo (Min), máximo (Max), Número de vacas (Nº de vacas), Número de touros (Nº de touros) e grupo de contemporâneos (GC)

	N	Média	Moda	DP	Min	Max	Nº de vacas	Nº de touros	GC
PD (kg)	36.660	174,60	-	26,23	70	303,00	26.239	1.264	934
C	36.505	-	3	-	1	5	26.208	1.262	277
P	36.505	-	3	-	1	5	26.208	1.262	277
M	36.505	-	3	-	1	5	26.208	1.262	277
AOL (cm ²)	1442	68,00	-	8,80	40	100,00	1434	235	127
PCQ (kg)	1441	277,00	-	22,80	206,70	370,60	1434	235	127
EGS (mm)	1435	5,00	-	2,73	1	23,00	1428	235	127
MACIEZ (kgf)	1533	5,20	-	1,33	1,95	11,20	1526	274	135
MARM	1535	2,90	-	0,44	2,00	4,20	1527	275	135
L*	1535	30,80	-	4,80	18,13	44,00	1525	274	135
a*	1534	15,00	-	4,00	6,39	33,00	1524	274	135
b*	1533	7,10	-	2,90	0,96	22,30	1525	274	135
GI%	1522	0,84	-	0,42	0,12	3,61	1514	272	135

PD=peso à desmama; C=conformação; P=precocidade; M=musculatura; AOL=área de olho de lombo; PCQ=peso da carcaça quente; MACIEZ=maciez; EGS= espessura de gordura subcutânea; MARM=escore de marmorização; L*=luminosidade; a*=teor de vermelho; b*=teor de amarelo; GI%=gordura intramuscular.

Foram realizadas 29 análises com modelos animal tri e multicaracterísticas. Em todas as análises o peso à desmama (PD) foi utilizado como âncora. A estrutura de análises foi da seguinte forma:

- 1) Incluindo o PD, um dos escores visuais e uma das características da carcaça, totalizando 9 análises;
- 2) Considerando o peso à desmama, uma das características da carcaça e uma das características da carne, totalizando 18 análises;
- 3) Empregando o PD e as características da carcaça;
- 4) Aplicando o PD e as características da carne.

Para PD foram incluídos no modelo os efeitos aleatórios genéticos aditivo direto e materno, ambiente permanente materno e residual, e os efeitos fixos de GC e idades da vaca ao parto (IVP) e do animal (efeitos lineares e quadráticos), como covariáveis. Para os escores foram excluídos os efeitos maternos (genético e de ambiente permanente) e o efeito da idade da vaca ao parto.

Para as características da carcaça e da carne foram utilizados no modelo os efeitos aleatórios genético aditivo direto e residual, os efeitos fixos do grupo de contemporâneos, e classes de idade do animal ao abate e do tempo de confinamento aninhadas em fazenda e safra. Para AOL e EGS, com exceção à análise 3), foi utilizado o efeito fixo do peso da carcaça quente como covariável. O tempo de confinamento foi definido como a diferença da idade ao abate e a idade ao sobreano. Foram consideradas 4 classes para a idade ao abate e o tempo de confinamento.

Para as estimativas de componentes de (co)variâncias, a extração de lipídeos, dada em porcentagem, foi transformada pela função do arco seno da raiz quadrada da porcentagem, que segundo Osborne et al. (2010), tem sido amplamente usada na transformação de dados proporcionais.

O modelo geral pode ser representado em notação matricial, como:

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Z}_1\mathbf{a} + \mathbf{Z}_2\mathbf{m} + \mathbf{Z}_3\mathbf{c} + \mathbf{e}$$

em que \mathbf{y} = vetor das características observadas; \mathbf{b} = vetor de efeitos fixos; \mathbf{a} = matriz de efeitos genéticos aditivos diretos; \mathbf{m} = matriz de efeitos genéticos aditivos maternos; \mathbf{c} = vetor de efeitos de ambiente permanente materno; \mathbf{e} = vetor de efeitos residuais, e \mathbf{X} , \mathbf{Z}_1 , \mathbf{Z}_2 e \mathbf{Z}_3 são matrizes de incidência relacionando \mathbf{b} , \mathbf{a} , \mathbf{m} e \mathbf{c} a \mathbf{y} .

Neste estudo, foi assumido que $E[\mathbf{y}] = \mathbf{Xb}$; $\text{Var}(\mathbf{a}) = \mathbf{A} \otimes \mathbf{S}_a$; $\text{Var}(\mathbf{m}) = \mathbf{A} \otimes \mathbf{S}_m$; $\text{Var}(\mathbf{c}) = \mathbf{I} \otimes \mathbf{S}_c$ e $\text{Var}(\mathbf{e}) = \mathbf{I} \otimes \mathbf{S}_e$, em que \mathbf{S}_a é a matriz de covariâncias genéticas aditivas; \mathbf{S}_m , é a matriz de variância genética materna; \mathbf{S}_c , é a matriz de variância de ambiente permanente materno; \mathbf{S}_e , a matriz de covariância residual; \mathbf{A} , a matriz do numerador de relações genético-aditivas; \mathbf{I} , a matriz identidade; e \otimes , o produto direto entre matrizes. As estimativas dos componentes de (co)variâncias e parâmetros genéticos foram obtidas pelo método da máxima verossimilhança restrita utilizando-se o programa computacional Wombat (MEYER, 2007). A matriz de parentesco continha informações de 84.792 animais.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A diferença no número de observações para as características da carcaça e carne (Tabela 1) resulta de práticas adotadas por alguns frigoríficos, como por exemplo, o não fornecimento de informações do peso da carcaça, bem como a desossa do músculo *Longissimus dorsi* (contra-filé). Dessa forma, a ausência da mensuração do peso da carcaça quente em alguns lotes de animais impossibilitou o uso da mesma como covariável nas estimativas de parâmetros genéticos para área de olho de lombo e a espessura de gordura subcutânea. Já a desossa do contra-filé, que ocorreu em um lote de animais, dificultou a medição dessas duas características, tornando assim essas observações pouco confiáveis e, conseqüentemente, a não utilização das mesmas.

A alta variabilidade da EGS (CV=55%, Tabela 1) se deve ao fato de que havia lotes de animais castrados e, a diferença na deposição de gordura na carcaça entre animais inteiros e castrados é amplamente divulgada na literatura (FREITAS et al., 2008; RESTLE et al., 2000). Vale ressaltar que este efeito ficou dentro do grupo de contemporâneos, uma vez que o procedimento de castração era adotado por fazenda.

As médias observadas para AOL, PCQ e EGS (Tabela 1) estão próximas às relatadas por Johnston et al. (2003) e Reverter et al. (2003a, 2003b) para animais cruzados na Austrália. Por outro lado, as médias de luminosidade (L^*), vermelho (a^*) e amarelo (b^*) foram inferiores aos reportados por estes autores.

A média da força de cisalhamento (Maciez) foi semelhante às relatadas em animais da raça Brahman em outros estudos (RILEY et al., 2002, 2003). Entretanto, existem dificuldades na comparação de médias de maciez entre estudos, uma vez que os critérios de abate adotados, como a utilização de peso mínimo ou acabamento de gordura como critério de abate, o manejo em pastagem ou confinamento, bem como a estimulação elétrica das carcaças pós - abate, influenciam as mensurações da carne, principalmente a da maciez (MANDELL et al., 1997; ODDY et al., 2001).

5.1 Estimativas de herdabilidade

As estimativas de herdabilidades foram consistentes entre as análises tri e multicaracterísticas, variando em um ou dois pontos percentuais. Na Tabela 2 estão descritas as estimativas de herdabilidades obtidas em análises tricaracterísticas.

As estimativas de herdabilidades para as características de escores visuais (Tabela 2) foram de magnitude moderada (0,29 - 0,35), indicando que estas devem responder à seleção direta. Estimativas semelhantes às do presente estudo foram reportadas por Yokoo et al. (2009) e Gordo et al. (2012) para animais da raça Nelore.

Com exceção da EGS, as estimativas de herdabilidade para as características da carcaça, AOL e PCQ, foram de magnitude moderada (Tabela 2). O PCQ apresentou a maior estimativa, sendo assim, deve responder à seleção mais rapidamente quando comparada às demais características da carcaça. Esta estimativa foi inferior à obtida por Riley et al. (2002), em animais da raça Brahman, de 0,55. Da mesma forma, trabalhando com animais da raça Nelore, Rezende et al. (2009) reportaram estimativa de herdabilidade superior a do presente estudo, de 0,38. Por outro lado, estimativa inferior foi relatada por Ferriani et al. (2013), de $0,20 \pm 0,08$, em animais da mesma raça. A correlação genética estimada de PCQ com o peso à desmama foi alta (0,90), o que, provavelmente, minimizou o efeito de seleção sequencial praticada.

Em relação à AOL, a estimativa de herdabilidade obtida no presente trabalho foi inferior às encontradas na literatura em animais zebuínos, que variaram de 0,35 a 0,63 (RILEY et al., 2002; SMITH et al., 2007; REZENDE et al., 2009). A diferença nas estimativas se deve, provavelmente, às raças utilizadas e aos modelos adotados. Da mesma forma, a estimativa de herdabilidade para a EGS foi inferior às reportadas por Riley et al. (2002) e Rezende et al. (2009), de 0,63 e 0,52, respectivamente. As estimativas de correlações genéticas entre a AOL e PD e EGS e PD foram baixas, de 0,01 e -0,15, respectivamente.

A herdabilidade de baixa magnitude estimada para o MARM (Tabela 2), sugere que a característica responderá lentamente à seleção. Este resultado difere dos descritos na literatura para esta característica. Em geral, as estimativas de

herdabilidade tanto para animais de raças taurinas como zebuínas são de alta magnitude, 0,65 e 0,68 (KOOTTS et al., 1994; DIKEMAN et al., 2005), 0,37 e 0,44 (RILEY et al., 2002; SMITH et al., 2007), respectivamente. Por outro lado, Shanks et al. (2001), estudando animais da raça Simental, reportaram estimativa semelhante à do presente estudo, 0,12. Uma vez que diferentes mercados adotam pontos de terminação variados para o abate dos animais (peso vivo, acabamento de gordura ou escore de marmorização), Utrera e Van Vleck (2004) revisaram 56 estudos que reportaram estimativas de herdabilidades para escores de marmorização ajustado para o ponto de terminação. Os autores relataram uma média de herdabilidade de 0,45, 0,29 e 0,30, quando ajustado para a idade do animal ao abate, para o peso da carcaça quente e para a espessura de gordura subcutânea, respectivamente. No presente estudo, essas covariáveis não tiveram efeito significativo ($p < 0,05$) sobre os escores de marmorização.

A estimativa de herdabilidade para maciez (Tabela 2) foi inferior à relatada por Johnston et al. (2003), que trabalhando com raças adaptadas ao ambiente tropical (Brahman, Belmont Red e Santa Gertrudis), estimaram herdabilidade de $0,30 \pm 0,04$. Estimativa superior (0,40) foi obtida Dikeman et al. (2005), utilizando média dos coeficientes de herdabilidade de animais populações de diversas raças da espécie *Bos taurus*. Entretanto, estimativas de baixa magnitude, semelhantes às do presente estudo, foram reportadas por Rezende et al. (2009), na raça Nelore, e Boukha et al. (2011), na raça Piemontês, de 0,18 e 0,14, respectivamente. Da mesma forma, as estimativas de herdabilidades para maciez descritas por Riley et al. (2003) na raça Brahman, em diferentes estágios de maturação, de 7, 14 e 21 dias, foram de baixa magnitudes, 0,14, 0,14 e 0,06, respectivamente. Resultados de diversos trabalhos mostram que com o aumento dos genes zebuínos ocorre um endurecimento da carne (WHIPPLE et al., 1990; RESTLE et al., 1999). A proporção de genes zebuínos pode influenciar as estimativas de herdabilidade para a maciez. Estes resultados foram descritos por Elzo et al. (1998) e sugerem que quando ocorre o aumento da proporção de genes de animais da raça Brahman, em populações cruzadas Angus x Brahman, a magnitude das estimativas de herdabilidades diminui. Além disso, Oddy et al. (2001) indicam que a adaptação ao clima tropical apresentada pelas raças zebuínas pode ter levado a diferenças nas estruturas celulares dos músculos, devido

às diferenças na alimentação proporcionadas por esses ambientes, bem como a diferenças no metabolismo destes nutrientes. Desta forma, alguns estudos realizados com animais *Bos indicus* (ELZO et al., 1998; RILEY et al., 2003, REZENDE et al., 2009), apontam que os animais deste grupo possuem pouca variabilidade genética aditiva para a maciez. Os resultados obtidos no presente estudo reforçam esta hipótese e indicam que a seleção para maciez em animais Nelore deve ter resposta lenta, uma vez que a herdabilidade para esta característica foi de baixa magnitude.

Tabela 2. Estimativas de componentes de variância e herdabilidades (\pm EP) para conformação (CS), precocidade (PS), musculatura (MS), peso da carcaça quente (PCQ), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), escore de marmorização (MARM), maciez (MACIEZ), teor de iluminação (L^*), teor de vermelho (a^*), teor de amarelo (b^*) e gordura intramuscular (GI)

Caract.	σ^2_a	σ^2_e	h^2
CS	0,36	0,67	0,35 \pm 0,02
PS	0,39	0,81	0,33 \pm 0,02
MS	0,35	0,87	0,29 \pm 0,02
AOL	11	42,5	0,21 \pm 0,11
PCQ	77	196	0,28 \pm 0,09
EGS	0,31	3,57	0,08 \pm 0,09
MACIEZ	0,09	1,12	0,07 \pm 0,07
MARM	0,02	0,11	0,15 \pm 0,09
L^*	1,7	11,8	0,13 \pm 0,10
b^*	0,45	3,12	0,13 \pm 0,09
a^*	0,77	6,6	0,11 \pm 0,10
GI ^a	0,01	0,14	0,07 \pm 0,10

σ^2_a = variância genética aditiva; σ^2_e = variância residual; h^2 = herdabilidade; ^adados transformados (arcoseno($\sqrt{\%$ lipídeos))

As características da cor da carne (L^* , a^* e b^*) são pouco herdáveis (Tabela 2). Semelhantemente, Johnston et al. (2003), avaliando animais adaptados ao clima tropical, relataram estimativas de herdabilidade para L^* e a^* de 0,18 e 0,13, respectivamente. Estimativa de herdabilidade para L^* superior ao presente trabalho foi descrita por Wolcott et al. (2009) em animais da raça Brahman, de 0,20 \pm 0,10.

Entretanto, os mesmos autores reportaram estimativas de herdabilidade de menores magnitudes para a^* e b^* , $0,00 \pm 0,03$ e $0,03 \pm 0,06$, respectivamente. Maiores estimativas foram encontradas por Bonfatti et al. (2013), em animais da raça Piemontês, para L^* , a^* e b^* , de 0,33, 0,28 e 0,21, respectivamente.

Entre as medidas de coloração da carne, o teor de vermelho pode ser considerado o mais importante, do ponto de vista estético, na decisão da compra do produto. Esta característica avalia a estabilidade da cor da carne, pois o valor da medida, que varia do verde para o vermelho, é relacionado à transformação da mioglobina em metamioglobina por oxidação (PAGE; WULF; SCHWOTZER, 2001). A baixa magnitude da estimativa de herdabilidade para a^* encontrada neste trabalho mostra que pouco das diferenças na oxidação da mioglobina é devido a diferenças em ação gênica aditiva.

A estimativa de herdabilidade para a GI foi de baixa magnitude, ou seja, a seleção para esta característica deve ter resposta lenta. Em animais cruzados, as estimativas de herdabilidade foram de magnitude alta, variando de 0,50 a 0,56 (SHACKELFORD et al., 1994; WHEELER et al., 1996, 2001). Estimativas superiores às do presente estudo e de magnitude moderada foram relatadas em animais da raça Brahman por Riley et al. (2003) e Wolcott et al. (2009), de 0,34 e 0,26, respectivamente.

De maneira geral, as características da carne apresentaram estimativas de herdabilidade baixas. O fato de terem sido utilizados animais de descarte, confinados e abatidos de acordo com grau de acabamento, pode ter diminuído a variabilidade genética aditiva para essas características. A inclusão do PD com a intenção de recuperar esta variabilidade só foi efetiva para o PCQ, que foi a característica que apresentou a maior correlação genética com PD. O emprego de um banco de dados com maior número de observações, e a utilização de informações de animais terminados em diferentes sistemas de produção, como, por exemplo, em pastejo, poderia diminuir os erros-padrão das estimativas e permitir a identificação de maior variabilidade.

5.2 Estimativas de correlações genéticas entre as características da carcaça

A estimativa de correlação genética entre AOL e PCQ foi de magnitude baixa (Tabela 3), e indica que a seleção para maiores pesos da carcaça quente acarretará, ao longo prazo, em menores áreas de olho de lombo. Resultados semelhantes ao do presente estudo foram relatados por Reverter et al. 2003a em animais cruzados, de -0,28, e em animais da raça Angus e Hereford (REVERTER et al., 2000), de -0,35 e -0,16, respectivamente.

A estimativa de correlação genética entre AOL e EGS foi de baixa magnitude, ou seja, a seleção para uma dessas características não resultará em mudanças significativas na outra. Este resultado está de acordo com os encontrados na literatura. Em animais taurinos, as estimativas de correlações genéticas entre AOL e EGS reportadas por Wilson et al. (1993), Gregory et al. (1995) e Moser et al. (1998) foram de -0,06, -0,06 e -0,05, respectivamente. Na raça Brahman, Riley et al. (2002) encontraram estimativa de correlação genética entre essas características de baixa magnitude, 0,02.

Tabela 3. Estimativas de correlações genéticas (acima da diagonal) e fenotípicas (abaixo da diagonal) para as características da carcaça, obtidas em análises multivariadas

	AOL	PCQ	EGS
AOL	-	-0,19 ± 0,42	-0,05 ± 0,60
PCQ	0,24 ± 0,03	-	-0,20 ± 0,43
EGS	0,06 ± 0,03	0,03 ± 0,03	-

AOL=área de olho de lombo; PCQ = peso da carcaça quente; EGS= espessura de gordura subcutânea

A estimativa de correlação genética entre PCQ e EGS foi negativa e de magnitude moderada (Tabela 3), e indica que a seleção a longo prazo para carcaças mais pesadas pode levar a animais com menor deposição de gordura. Este resultado é semelhante aos de Shanks et al. (2001), que estimaram correlação genética entre PCQ e EGS de -0,37 em um rebanho da raça Simental. Da mesma forma, Reverter et al. (2003a) que, estudando bovinos taurinos e compostos tropicais na Austrália, concluíram que a seleção para carcaças mais pesadas resultaria em animais com menores espessuras de gordura subcutânea, pois as

estimativas de correlações genéticas entre essas características foram de -0,39 para ambos os grupos genéticos.

As correlações fenotípicas entre AOL e PCQ, de magnitude moderada, indicam que fenotipicamente, a AOL não é boa indicadora do peso da carcaça. As demais correlações, AOL e EGS e EGS e PCQ foram quase nulas e não mostraram relação linear entre as mesmas.

5.3 Estimativas de correlações genéticas entre as características da carne

As estimativas de correlações genéticas entre maciez e as características de cor da carne foram negativas e de magnitude moderada a alta (Tabela 4). Estes resultados indicam que parte do grupo de genes de ação genética aditiva que é responsável pela maior palidez da carne (L^*), teor de vermelho (a^*) e maior teor de amarelo (b^*) leva à maior maciez (menor força de cisalhamento) da carne. Essas estimativas estão de acordo com as reportadas por Johnston et al. (2003), entre maciez e L^* e a^* , em dois grupos genéticos, cruzados (*Bos taurus* x *Bos indicus*) e puros (*Bos taurus*), de -0,40 e -0,60 para ambos os grupos, respectivamente. Resultados divergentes são encontrados na literatura para raças taurinas, em que as estimativas de correlações genéticas entre essas características são de baixa magnitude (DIKEMAN et al., 2005; SMITH et al., 2007).

Apesar de as estimativas de correlações genéticas entre maciez e o MARM e GI serem de magnitudes moderadas (Tabela 4), as baixas estimativas de herdabilidade encontradas para essas características mostram que a resposta correlacionada deve ser baixa.

As estimativas de correlações genéticas entre o MARM e as medidas de cor da carne (L^* , a^* e b^*) foram todas positivas e de magnitude moderada (Tabela 4). A forte associação genética entre o MARM e a GI mostra que grande parte dos genes que controlam o MARM, influenciam também a expressão do GI. Este resultado é esperado, uma vez que o escore de marmorização avalia de forma subjetiva a quantidade de gordura entremeada na carne, enquanto que a gordura intramuscular, mensura de forma objetiva esta característica. As estimativas de correlações

genéticas entre o GI e as demais características da carne seguiram a mesma tendência dos escores de marmorização.

Tabela 4. Estimativas de correlações genéticas (acima da diagonal) e fenotípicas (abaixo da diagonal) entre as características da carne, obtidas em análise multicaracterísticas

	MACIEZ	MARM	L*	b*	a*	GI^a
MACIEZ	-	0,22	-0,46	-0,68	-0,34	0,34
MARM	0,04	-	0,32	0,43	0,47	0,91
L*	-0,11	0,05	-	0,30	-0,17	0,29
b*	0,04	0,01	-0,14	-	0,80	0,16
a*	0,05	0,03	-0,30	0,82	-	0,33
GI^a	-0,06	0,04	0,10	0,08	0,07	-

MACIEZ=maciez; MARM=escore de marmorização; L*=teor de luminosidade; b*=teor de amarelo; a*=teor de vermelho; GI=gordura intramuscular; ^adados transformados ($\arccos(\sqrt{\%lipídeos})$)

As estimativas de correlações genéticas entre as medidas de cor da carne foram de magnitudes moderada e alta. A alta correlação genética entre a* e b* indica que estas duas características são influenciadas em grande parte pelos mesmos genes. Uma possível explicação para esta alta estimativa de correlação genética é a resistência do músculo à oxidação da mioglobina, o que torna o espectro da cor da carne mais vermelha do que verde (maior a*) e mais amarela do que azul (maior b*) (WULF; WISE, 1999). São escassos os trabalhos relacionando geneticamente as características da cor da carne na literatura, dificultando, portanto, comparar os resultados de forma mais ampla.

As estimativas de correlações fenotípicas entre as características da carne foram, em grande parte, de baixa magnitude. Estes resultados divergem dos encontrados na literatura. Segundo Wulf et al. (1997), valores de força de cisalhamento mais baixos estão associados a músculos mais brancos do que preto (L*), mais vermelho do que verde (a*) e mais amarelo do que azul (b*). Um maior escore de marmorização está associado a um músculo menos escuro, mais avermelhado e mais amarelado, uma vez que a fermentação anaeróbica da gordura entremeada diminui o pH do músculo, que está diretamente associado a maiores valores de L*, a* e b* (MANCINI; HUNT, 2005). Vale ressaltar a baixa correlação fenotípica entre as mensurações de gordura intramuscular e o escore de marmorização. Esse resultado mostra que, fenotipicamente, o escore de

marmorização não está avaliando de forma adequada a quantidade de gordura intramuscular, avaliada de forma objetiva.

As estimativas de correlações genéticas entre as características da carne tiveram erros – padrão próximos à unidade e, conseqüentemente, devem ser tratadas com precaução.

5.4 Estimativas de correlações genéticas entre as características da carcaça e da carne

As estimativas de correlações genéticas entre as características da carcaça e da carne variaram de -0,80 a 0,92 (Tabela 5). A AOL apresentou estimativas de correlações genéticas moderadas com maciez e características de coloração e baixas com as demais características da carne. Como a maciez foi mensurada pela força de cisalhamento, a correlação genética positiva indica que a seleção para maior AOL aumentará a força de cisalhamento e, conseqüentemente, diminuirá a maciez. Entretanto, estas mudanças devem ser pequenas já que a estimativa de herdabilidade da maciez foi de baixa magnitude (Tabela 2). Estes resultados divergem daqueles reportados por Reverter et al. (2003b) e Bonfatti et al. (2013), que relataram estimativas de correlações genéticas entre essas características de -0,15 e -0,08, respectivamente.

Tabela 5. Estimativas de correlações genéticas entre as características da carcaça e da carne, obtidas em análises tricaracterísticas

	MACIEZ	MARM	L*	a*	b*	GI ^a
AOL	0,50	0,12	-0,47	0,40	0,21	0,10
EGS	-0,80	0,06	0,63	0,55	0,92	-0,73
PCQ	0,28	0,07	0,14	0,23	0,18	0,28

AOL=área de olho de lombo (cm²); EGS=espessura de gordura subcutânea (mm); PCQ=peso da carcaça quente(kg); MACIEZ=maciez (kgf), MARM=escore de marmorização, L*= teor de luminosidade, a*=teor de vermelho, b*=teor de amarelo, GI= gordura intramuscular; ^adados transformados (arcoseno($\sqrt{\%lipídeos}$))

As estimativas de correlação genética de AOL com as características de coloração da carne, indicam que a seleção a longo prazo para maior AOL poderá levar a menor brilho da carne (L*) e a maior proporção de mioglobinas no músculo

(a^*). Estimativa de correlação genética entre AOL (*in vivo*) e a^* de menor magnitude comparada ao presente estudo foi reportada por Bonfatti et al. (2013), de 0,26. A AOL teve baixas estimativas de correlações genéticas com o MARM e a GI.

As estimativas de correlações genéticas entre EGS e as características das carnes, com exceção ao MARM, foram de alta magnitude. A estimativa de correlação genética entre EGS e maciez indica que a seleção para maiores espessuras de gordura pode levar a menor força de cisalhamento. Estimativas de menores magnitudes, porém no mesmo sentido, foram reportados por Wheeler et al. (2001) em animais cruzados, de -0,41, e por Smith et al. (2007), em animais da raça Brahman, em dois estágios de maturação aos 7 e 14 dias, de -0,41 e -0,50, respectivamente. As estimativas de correlações genéticas entre EGS e as medidas de coloração da carne foram positivas e de alta magnitude. O MARM não se mostrou geneticamente associado à espessura de gordura. Este resultado está de acordo com o relatado por Reverter et al. (2003b), de 0,12 e 0,13, para bovinos cruzados e taurinos, respectivamente. A EGS mostrou associação genética negativa com a GI.

Vale ressaltar que apesar de a maioria das estimativas de correlações genéticas entre EGS e as características carne ter sido de magnitude alta, espera-se que a resposta correlacionada das características da carne por meio da seleção para a EGS seja lenta, devido às baixas estimativas de herdabilidade encontradas (Tabela 2).

O peso da carcaça quente foi moderadamente correlacionado com a maciez, a^* e GI (Tabela 5). A estimativa de correlação genética entre o PCQ e a maciez diverge dos trabalhos de Elzo et al. (1998) e Gregory et al. (1995), que reportaram estimativas de correlações genéticas de baixa magnitude entre essas características. Estimativa de correlação genética de magnitude moderada, porém de sinal oposto ao obtido no presente trabalho, foi relatada por Reverter et al. (2003b) em animais cruzados, de -0,21. Os mesmos autores reportaram que não encontraram associação genética entre PCQ e GI (0,03). As estimativas de correlações genéticas no presente estudo entre PCQ e as demais características da carne foram de baixa magnitude, ou seja, a maiores pesos de carcaça não estão associados geneticamente com o MARM, L^* e b^* .

As estimativas de correlações fenotípicas entre as características da carcaça e da carne foram de baixa magnitude, variando de -0,03 a 0,11, indicando que a AOL, EGS e PCQ, do ponto de vista fenotípico, não possuem nenhuma associação linear com as características da carne.

De forma geral, as estimativas de correlações entre as características da carcaça e da carne devem ser tratadas com cautela, em função dos altos erros – padrão das estimativas (próximo à unidade).

5.5 Estimativas de correlações genéticas entre as características da carcaça e escores visuais

As estimativas de correlações genéticas entre AOL e os escores visuais (Tabela 6) foram baixas, ou seja, a seleção para o aumento dos escores visuais não deve alterar a AOL. Estimativas de correlações genéticas entre AOL (*in vivo*) e escores visuais superiores às do presente estudo foram reportadas por Yokoo et al. (2009) e Gordo et al. (2012) em animais da raça Nelore, as quais variaram de 0,37 a 0,68. Essas diferenças, comparadas aos dois trabalhos citados, provavelmente se devem ao fato de que os animais utilizados no presente estudo passaram por um período de confinamento após as avaliações visuais e antes da mensuração da AOL, enquanto que os animais utilizados nos trabalhos de Yokoo et al. (2009) e Gordo et al. (2012), as mensurações da AOL foram realizadas por ultrassonografia ao sobreano. Desta forma, os resultados da presente pesquisa indicam que a evidência de associação genética entre os escores visuais ao sobreano e a AOL (*in vivo*), pode ter sido mascarada pelo efeito de confinamento, bem como pela mensuração da AOL em idades diferentes.

Em relação à EGS, as estimativas de correlações genéticas com P e M foram de magnitude moderada, 0,36 e 0,28, respectivamente. Estes resultados indicam que a seleção para maiores escores de precocidade e musculatura ao sobreano, resultaria em carcaças com maior EGS. Estimativas de correlações genéticas semelhantes, de magnitude moderada e positiva, entre P, M e EGS (*in vivo*) em animais da raça Nelore, foram descritas por Yokoo et al. (2009) e Gordo et al. (2012), variando de 0,33 a 0,40. Koch et al. (2004), estudando animais da raça

Hereford, relataram estimativa de correlação genética entre M e EGS de baixa magnitude, 0,09.

Tabela 6. Estimativas de correlações genéticas (r_g) e fenotípicas (r_f) entre as características de escores visuais e as características da carcaça, obtidas em análises tricaracterísticas

	r_g			r_f		
	C	P	M	C	P	M
AOL	-0,14±0,28	0,06±0,23	0,15±0,24	-0,10±0,04	0,01±0,04	0,06±0,04
EGS	0,13±0,30	0,36±0,33	0,28±0,32	0,03±0,03	0,04±0,04	0,02±0,06
PCQ	0,90±0,07	0,66±0,09	0,66±0,12	0,46±0,03	0,36±0,03	0,36±0,03

C= conformação; P=precocidade; M=musculatura; AOL= área de olho de lombo; EGS= espessura de gordura subcutânea; PCQ=peso da carcaça quente

As estimativas de correlações genéticas entre os escores visuais e o PCQ foram positivas e de alta magnitude (Tabela 6), sendo, como esperado, superior com C. Estes resultados indicam que a seleção para maiores escores ao sobreano levará a resposta correlacionada no mesmo sentido no PCQ. Segundo Koury Filho et al. (2010), o escore de conformação estima a quantidade de carne na carcaça do animal, quando este for abatido. Os escores de musculatura medem as evidências de massas musculares nos animais, e os músculos são os principais componentes do peso da carcaça. O resultado encontrado no presente estudo mostra que as duas características são associadas geneticamente e pouco fenotipicamente.

O escore de precocidade procura identificar os animais que serão abatidos mais precocemente, com bom acabamento de gordura na carcaça. Na avaliação visual usa-se como critério o tamanho da caixa torácica e a profundidade das costelas. Assim, esta medida pode estar associada com o peso final da carcaça, tanto fenotípica como geneticamente.

A estimativa de correlação genética entre M e PCQ obtida no presente trabalho foi superior ao reportado por Koch et al. (2004), em animais da raça Hereford, de 0,27. Da mesma forma, Bonfatti et al. (2013) encontraram pouca associação genética entre o escore de musculatura na paleta e o peso da carcaça quente ($0,11 \pm 0,16$). Em animais da raça Nelore, Ferriani et al. (2013) reportaram estimativas de correlações genéticas de alta magnitude, entre C, M e PCQ, de 0,71

e 0,77, respectivamente. A estimativa de correlação genética relatada por estes autores entre P e PCQ, de 0,44, foi inferior às aqui encontradas.

As correlações fenotípicas dos escores visuais com AOL e EGS foram de baixa magnitude, ou seja, os escores visuais avaliados ao sobreano não são bons indicativos da AOL e da EGS medidos no *post mortem*. Por outro lado, as correlações fenotípicas entre os escores visuais e o PCQ, de magnitude moderada, indicam que animais com altas notas de C, P e M podem apresentar carcaças mais pesadas e, conseqüentemente, maior remuneração, quando comparados com aqueles com menores notas.

6 - CONCLUSÕES

As características da carcaça, área de olho de lombo e peso da carcaça quente possuem variabilidade genética e devem responder à seleção. O progresso genético para o peso da carcaça quente deve ser mais rápido quando comparado às demais características.

A seleção para conformação, precocidade e musculatura deve promover mudança genética no mesmo sentido para o peso da carcaça quente. Da mesma forma, a seleção para maiores escores de precocidade e musculatura levará a mudanças genéticas na espessura de gordura subcutânea no mesmo sentido. Entretanto, devido à baixa estimativa de herdabilidade encontrada para essa característica, a resposta correlacionada deve ser lenta.

Os escores visuais são critérios de seleção adequados para o peso da carcaça quente.

As características da carcaça são geneticamente associadas com as características da carne, porém a seleção para as mesmas resultará em pouco progresso genético na qualidade da carne.

A seleção para maiores pesos da carcaça quente pode levar a uma diminuição da área de olho de lombo e da espessura de gordura subcutânea.

A seleção para uma das características da carne não acarretará em mudanças significativas nas demais.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGULLÓ, E. et al. Determination of Total Pigments in Red Meats. **Journal of Food Science**, v. 55, n. 1, p. 250–251, 1990.

ARBOITTE, M. Z. et al. Carcass Characteristics of 5 / 8 Nellore - 3 / 8 Charolais Steers Slaughtered at Different Maturity Stages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 4, p. 969–977, 2004.

BERIAIN, M. J. et al. Predicting Longissimusdorsi myoglobin oxidation in aged beef based on early post-mortem colour measurements on the carcass as a colour stability index. **Meat Science**, v. 81, n. 3, p. 439–45, 2009.

BIDNER, T. D., LAURENT, K. M., PILE, M. M. Effect of subcutaneous fat removal and aging in beef tenderness. **Beef Cattle Research Report**. v. 29, p. 80–82, 1997.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology** 37, 911- 917, 1959.

BONFATTI, V.; ALBERA, A.; CARNIER, P. Genetic associations between daily BW gain and live fl eshiness of station-tested young bulls and carcass and meat quality traits of commercial intact males in Piemontese cattle. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 2057–2066, 2013.

BOUKHA, A et al. Genetic parameters of carcass and meat quality traits of double muscled Piemontese cattle. **Meat Science**, v. 89, n. 1, p. 84–90, 2011.

BURROW, H. et al. Quantitative and molecular genetic influences on properties of beef: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, p. 893–919, 2001.

CONNOR, S. F. O. et al. Genetic effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 1822–1830, 1997.

COSTA, E. C. DA et al. Composição Física da Carcaça, Qualidade da Carne e Conteúdo de Colesterol no Músculo Longissimus dorsi de Novilhos Red Angus Superprecoces, Terminados em Confinamento e Abatidos com Diferentes Pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 417–428, 2002.

CREWS, D. H.; KEMP, R. A. Genetic parameters for ultrasound and carcass measures of yield and quality among replacement and slaughter beef cattle. **Journal of Animal Science**. v. 79, p. 3008–3020, 2001.

DE SMET, S.; RAES, K.; DEMEYER, D. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. **Animal Research**, v. 53, n. 2, p. 81–98, 2004.

DESTEFANIS, G. et al. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force. **Meat Science**, v. 78, n. 3, p. 153–156, 2008.

DEVITT, C.; WILTON, J. Genetic correlation estimates between ultrasound measurements on yearling bulls and carcass measurements on finished steers. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 2790–2797, 2001.

DIKEMAN, M. E. et al. Phenotypic ranges and relationships among carcass and meat palatability traits for fourteen cattle breeds, and heritabilities and expected progeny differences for Warner-Bratzler shear force in three beef cattle breeds. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 2461–2467, 2005.

DUBESKI, P. L. et al. Meat quality of heifers fattened to heavy weights to enhance marbling. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 77, n. 4, p. 635–643, 1997.

ELZO, M. et al. Genetic variation and prediction of additive and nonadditive genetic effects for six carcass traits in an Angus-Brahman multibreed herd. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 1810–1823, 1998.

FERGUSON, D. M. et al. Effect of electrical stimulation on protease activity and tenderness of M. longissimus from cattle with different proportions of Bos indicus content. **Meat Science**, v. 55, n. 3, p. 265–72, 2000.

FERNANDES, T. et al. Genetic parameter estimates for meat quality traits in beef cattle managed under a constant finishing program. In: WORLD CONGRESS ON GENETIC APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7, 2002 Montpellier, França. **Proceeding 7th World Congress on Genetic Applied to Livestock Production**, 2002, p. 5–8.

FERNANDEZ, X. et al. Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat - 2. Consumer acceptability of m. *Longissimus lumborum*. **Meat Science**, v. 53, n. 1, p. 67–72, 1999.

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. de. Production systems - an example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, n. 2, p. 238–43, 2010.

FERRIANI, L. et al. Parâmetros genéticos de características de carcaça e de crescimento de bovinos da raça Nelore. **Archivos de Zootecnia**, v. 62, n. 237, p. 123–129, 2013.

FORNI, S.; FEDERICI, J. D. F.; ALBUQUERQUE, L. G. DE. Tendências genéticas para escores visuais de conformação, precocidade e musculatura à desmama de bovinos Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 3, p. 572–577, 2007.

FREITAS, A. K. DE et al. Características de carcaças de bovinos Nelore inteiros vs castrados em duas idades, terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 6, p. 1055–1062, 2008.

GORDO, D. G. M. et al. Genetic association between body composition measured by ultrasound and visual scores in Brazilian Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 4223–4229, 2012.

GREGORY, K.; CUNDIFF, L.; KOCH, R. Genetic and phenotypic (co) variances for growth and carcass traits of purebred and composite populations of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 1920–1926, 1995.

HOCQUETTE, J.; RENAND, G.; LEVÉZIEL, H. The potential benefits of genetics and genomics to improve beef quality-a review. **Animal Science**, v. 24, n. 3, p. 173–189, 2006.

JOHNSTON, D. J. A. et al. Genetic and phenotypic characterisation of animal , carcass , and meat quality traits from temperate and tropically adapted beef breeds. 3. Meat quality traits. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 54, p. 135–147, 2003.

JONES, S. et al. The effects of marbling level, electrical stimulation, and postmortem aging on the cooking and palatability properties of beef rib-eye steaks. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 71, p. 1037–1043, 1991.

JORGE JÚNIOR, J. et al. Influência de Alguns Fatores de Ambiente sobre os Escores de Conformação, Precocidade e Musculatura à Desmama em um Rebanho da Raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1697–1703, 2001.

KING, D. A. et al. Chilling and cooking rate effects on some myofibrillar determinants of tenderness of beef. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 1473–1481, 2003.

KOCH, R. M. et al. Genetic response to selection for weaning weight or yearling weight or yearling weight and muscle score in Hereford cattle : Efficiency of gain , growth , and carcass characteristics. **Journal of Animal Science**, p. 668–682, 2004.

KOOHMARAIE, M.; DOUMIT, M. E.; WHEELER, T. L. Meat toughening does not occur when rigor shortening is prevented. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 2935–2942, 1996.

KOOTS K. R., GIBSON J, P., WILTON J, W. Analyses of published geneticparameter estimates for beef production traits. 2.Phenotypic and genetic correlations. **Animal Breeding Abstracts**, v.62, p.825–853, 1994.

KOURY FILHO, W. et al. Estimativas de herdabilidade e correlações para escores visuais, peso e altura ao sobreano em rebanhos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 12, p. 2362–2367, 2009.

KOURY FILHO, W. et al. Estimativas de parâmetros genéticos para os escores visuais e suas associações com peso corporal em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 5, p. 1015–1022, 2010.

WHEELER, L., CUNDIFF, R., KOCH, J. D. C. Characterization of Biological Types of Cattle (Cycle IV): Carcass Traits and Longissimus Palatability. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 1023–1035, 1996.

LOPES, L. S. et al. Composição química e de ácidos graxos do músculo longissimus dorsi e da gordura subcutânea de tourinhos Red Norte e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 4, p. 978–985, 2012.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**, São Paulo. 2000. 134p.

MAGOLSKI, J. D. et al. Relationship between commercially available DNA analysis and phenotypic observations on beef quality and tenderness. **Meat Science**, v. 95, n. 3, p. 480–5, 2013.

MANCINI, R. A; HUNT, M. C. Current research in meat color. **Meat Science**, v. 71, n. 1, p. 100–21, 2005.

MANDELL, I. B. et al. Effects of diet and slaughter endpoint on carcass composition and beef quality in Charolais cross steers. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 77, n. 3, p. 403–414, 1997.

MARSHALL, D. M. Breed differences and genetic parameters for body composition traits in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 10, p. 2745–55, out. 1994.

MARSHALL, D. M. **Genetics of meat quality: The genetics of cattle**. Wallingford, United Kingdom. CABI Publishing, 1999.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/bovinos-e-bubalinos>>13 nov. 2013.

MEYER, K. WOMBAT: a tool for mixed model analyses in quantitative genetics by restricted maximum likelihood (REML). **Journal of Zhejiang University. Science**, v. 8, n. 11, p. 815–21, 2007.

MOSER, D. et al. Genetic parameter estimates for carcass and yearling ultrasound measurements in Brangus cattle. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 2542–2548, 1998.

ODDY, V. et al. Nutritional and developmental effects on the intrinsic properties of muscles as they relate to the eating quality of beef. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, p. 921 – 042, 2001.

OSBORNE, J. W. Improving your data transformations: Applying the Box-Cox transformation. **Practical Assessment, Research & Evaluation**, v. 15, n. 12, p. 1–9, 2010.

PAGE, J. K.; WULF, D. M.; SCHWOTZER, T. R. A survey of beef muscle color and pH. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 678–687, 2001.

RENERRE, M. La couleur de la viande et sa mesure. **Bulletin Technique Centre de Recherches Zootechniques et Veterinaires de Theix**, v. 47, p. 47–54, 1982.

RESTLE, J. et al. Características de Carcaça de Bovinos de Corte Inteiros ou Castrados de Diferentes Composições Raciais Charolês x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 5, p. 1371–1379, 2000.

RESTLE, J. et al. Características de carcaça e da carne de vacas de descarte de diferentes genótipos charolês x nelore , terminadas em confinamento. **Ciencia Rural**, v. 33, n. 2, p. 345–350, 2003.

REVERTER, A. et al. Genetic analyses of live-animal ultrasound and abattoir carcass traits in Australian Angus and Hereford cattle. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 1786–1795, 2000.

REVERTER, A. A. et al. Genetic and phenotypic characterisation of animal , carcass , and meat quality traits from temperate and tropically adapted beef breeds. 4. Correlations among animal , carcass , and meat quality traits. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 54, p. 149–158, 2003a.

REVERTER, A. A. et al. Genetic and phenotypic characterisation of animal , carcass , and meat quality traits from temperate and tropically adapted beef breeds. 2. Abattoir carcass traits. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 54, p. 119–134, 2003b.

REZENDE, F. M.; FERRAZ, J. B. S.; GROENEVELD, E.; MOURÃO, G. B.; BONIN, M. N.; OLIVEIRA, P. S.; ELER, J. P. Estimation of genetic and phenotypic parameters for meat and carcass trait in Nellore bulls In: 60th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 2009, Barcelona. **60th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science. Wageningen Academic Publishers Abstract and Congress Management Application**, 2009.

RILEY, D. et al. Estimated genetic parameters for carcass traits of Brahman cattle. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 955–962, 2002.

RILEY, D. et al. Estimated genetic parameters for palatability traits of steaks from Brahman cattle. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 54–60, 2003.

SHACKELFORD, S. et al. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 857–863, 1994.

SHANKS, B. C. et al. Genetic evaluation of carcass traits in Simmental-sired cattle at different slaughter end points. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 595–604, 2001.

SMITH, T. et al. Genetic parameters for growth and carcass traits of Brahman steers. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 6, p. 1377–84, 2007.

SOSNICKI, A. A; NEWMAN, S. The support of meat value chains by genetic technologies. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 129–37, 2010.

SUGUISAWA, L. et al. Correlações simples entre as medidas de ultra-som ea composição da carcaça de bovinos jovens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 169–176, 2006.

TAPP, W. N.; YANCEY, J. W. S.; APPLE, J. K. How is the instrumental color of meat measured? **Meat Science**, v. 89, n. 1, p. 1–5, 2011.

UTRERA, A. R.; VAN VLECK, L. D. Heritability estimates for carcass traits of cattle: a review. **Genetics and Molecular Research**, v. 3, n. 3, p. 380–94, 2004.

VAZ, F. N. et al. Qualidade e Composição Química da Carne de Bovinos de Corte Inteiros ou Castrados de Diferentes Grupos Genéticos Charolês x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 518–525, 2001.

WARNER, R. D. et al. Genetic and environmental effects on meat quality. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 171–83, 2010.

WHEELER, T. et al. Characterization of biological types of cattle (Cycle IV): carcass traits and longissimus palatability. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 1023–1035, 1996.

WHEELER, T. L. et al. Characterization of biological types of cattle (Cycle V): carcass traits and longissimus palatability. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 1209–1222, 2001.

WHIPPLE, G. M. et al. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 2716 - 2728, 1990.

WILSON, D. E. et al. Genetic parameters for carcass traits estimated from Angus field records. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 9, p. 2365–70, 1993.

WOLCOTT, M. L. et al. Genetics of meat quality and carcass traits and the impact of tenderstretching in two tropical beef genotypes. **Animal Production Science**, v. 49, n. 6, p. 383, 2009.

WULF, D. M. et al. Genetic influences on beef longissimus palatability in charolais- and limousin-sired The online version of this article , along with updated information and services , is located on the World Wide Web at : Genetic Influences on Beef Longissimus Palatability. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 2394–2405, 1996.

WULF, D. M. et al. Using objective measures of muscle color to predict beef longissimus tenderness. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 684–692, 1997.

WULF, D. M.; PAGE, J. K. Using measurements of muscle color , pH , and electrical impedance to augment the current USDA beef quality grading standards and improve the accuracy and precision of sorting carcasses into palatability groups. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 2595–2607, 2000.

WULF, D. M.; WISE, J. W. Measuring muscle color on beef carcasses using the L * a * b * color space. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 2418–2427, 1999.

YOKOO, M. J. et al. Genetic and environmental factors affecting ultrasound measures of longissimus muscle area and backfat thickness in Nelore cattle. **Livestock Science**, v. 117, n. 2-3, p. 147–154, 2008.

YOKOO, M. J. I. et al. Correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassom em bovinos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 4, p. 197–202, 2009.