

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



Dissertação

Características de tamanho adulto e escore de condição corporal de vacas e associações genéticas com escores visuais, qualidade de carcaça e eficiência reprodutiva na raça Nelore

Viviane Vasconcelos de Lacerda

Pelotas, 2016.

VIVIANE VASCONCELOS DE LACERDA

Características de tamanho adulto e escore de condição corporal de vacas e associações genéticas com escores visuais, qualidade de carcaça e eficiência reprodutiva na raça Nelore

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências, na área de concentração: Melhoramento Animal.

Orientadora: Arione Augusti Boligon

Co-Orientador: Fabio Ricardo Pablos de Souza

Pelotas, 2016.

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

L131c Lacerda, Viviane Vasconcelos de

Características de tamanho adulto e escore de condição corporal de vacas e associações genéticas com escores visuais, qualidade de carcaça e eficiência reprodutiva na raça Nelore / Viviane Vasconcelos de Lacerda; Arione Augusti Boligon, orientadora; Fabio Ricardo Pablos de Souza, coorientador. — Pelotas, 2016.

86 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

1. Altura adulta. 2. Peso adulto. 3. Análise bayesiana. 4. Perímetro escrotal. 5. Idade ao primeiro parto. I. Boligon, Arione Augusti, orient. II. Souza, Fabio Ricardo Pablos de, coorient. III. Título.

CDD: 636.2

VIVIANE VASCONCELOS DE LACERDA

Características de tamanho adulto e escore de condição corporal de vacas e associações genéticas com escores visuais, qualidade de carcaça e eficiência reprodutiva na raça Nelore

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 29/02/2016

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Arione Augusti Boligon - Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Heden Luiz Marques Moreira - Universidade Federal de Pelotas

Dr. Marcos Jun-Iti Yokoo – Embrapa Pecuária Sul

Prof. Dr. Nelson José Laurino Dionello - Universidade Federal de Pelotas

Dedico este trabalho à memória de meu tio,
padrinho e grande inspirador,
Neri Vasconcelos.

Agradecimentos

A Deus por me mostrar o caminho certo a percorrer;

Aos meus pais, Osvaldo e Eva, e aos meus irmãos Veridiana e Juliano por todo apoio e esforços para que eu chegasse até aqui;

À Professora Arione Boligon, pela disponibilidade da orientação, pela dedicação, pelos ensinamentos e experiência adquirida;

Ao colega e amigo Gabriel Campos por sua generosidade, sua disposição em ajudar, pela paciência, pela convivência e pelos ensinamentos;

À toda família Peter pela hospedagem e acolhimento, em especial a Glair Peter pelo apoio nos momentos difíceis;

À amiga e irmã de coração Bianca Peter, por se fazer presente nos momentos bons e ruins, me apoiando, ouvindo e tornando minha vida mais alegre;

Aos Professores Nelson Dionello, Heden Moreira e Marcos Yokoo, que se dispuseram fazer parte desta banca;

A todos os colegas do PPGZ UFPEL pela convivência e momentos compartilhados, em especial aos colegas da primeira turma de Graduação em Zootecnia da UFPEL;

A todos os professores e funcionários do PPGZ UFPEL, pelos ensinamentos, em especial à funcionária Norma Dias Brasil;

Ao PPGZ UFPEL, pela oportunidade de efetuar meu mestrado, ao CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado, e à FAPERGS pelo apoio financeiro ao projeto que foi desenvolvido.

Muito obrigada!

“Se chorei ou se sorri, o importante é que emoções eu vivi. ”

Roberto Carlos

Resumo

LACERDA, Viviane Vasconcelos. **Características de tamanho adulto e escore de condição corporal de vacas e associações genéticas com escores visuais, qualidade de carcaça e eficiência reprodutiva na raça Nelore**. 2016. 75f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

Foi avaliada a habilidade de estimação e predição de modelos de análise para o peso (PA), altura (AA) e escore de condição corporal (ECC) de fêmeas adultas e, também, foram estimadas as correlações entre essas características com medidas obtidas ao sobreano (PES: peso; CS: conformação; PS: precocidade; MS: musculatura; US: umbigo; AOL: área de olho de lombo e EGS: espessura de gordura subcutânea) e reprodutivas (PE: perímetro escrotal; IPP: idade ao primeiro parto; DG: duração da gestação; DPP: dias para o parto; IEP: intervalo de partos). Para o PA e AA avaliou-se o efeito da inclusão (GC1) ou não (GC2) do ECC no grupo de contemporâneos, através de análises uni-característica e modelo animal linear. Para o ECC foram comparados dois modelos bayesianos (linear e limiar), em análises uni-característica. Posteriormente, foram realizadas análises bi-características incluindo o PA, AA ou ECC com cada uma das demais características. Herdabilidade de maior magnitude para o PA foi obtida com a utilização do GC1 ($0,45 \pm 0,02$) em relação ao GC2 ($0,39 \pm 0,02$). Para AA não foram observadas diferenças nas herdabilidades estimadas. Ao comparar os diferentes grupos de contemporâneos (GC1 e GC2), foram obtidas correlações de classificação de touros variando de 0,60 a 0,92 para PA e de 0,90 a 0,98 para AA, considerando diferentes intensidades de seleção. É indicada a incorporação do ECC nos grupos de contemporâneos utilizados em avaliações genéticas somente para o PA. Para o ECC, não foi observada alteração na classificação dos reprodutores ao comparar os modelos linear e limiar. O PA apresentou maior associação genética com o PES ($0,84 \pm 0,01$) e CS ($0,66 \pm 0,03$) em comparação com a PS ($0,25 \pm 0,03$), MS ($0,20 \pm 0,02$) e US ($0,18 \pm 0,03$). De modo semelhante, a AA está associada geneticamente de maneira positiva e de maior magnitude com as características PES ($0,64 \pm 0,02$) e CS ($0,54 \pm 0,03$) em relação a US ($0,18 \pm 0,03$). Por outro lado, correlações genéticas negativas e de baixas magnitudes foram estimadas entre AA com a PS ($-0,08 \pm 0,03$) e MS ($-0,14 \pm 0,03$). O ECC de vacas está geneticamente associado e de forma positiva com todas as características avaliadas ao sobreano, mas com maior magnitude com a PS ($0,61 \pm 0,06$) e MS ($0,60 \pm 0,07$). As correlações genéticas estimadas entre as características de tamanho adulto com as indicadoras de qualidade da carcaça foram negativas, variando de baixas a moderadas magnitudes. Por outro lado, associações genéticas positivas foram estimadas entre o ECC com AOL ($0,38 \pm 0,12$) e EGS ($0,32 \pm 0,14$). O PA está geneticamente associado, de maneira positiva com a IPP ($0,23 \pm 0,08$), IEP ($0,25 \pm 0,15$) e, em menor magnitude, com a DG ($0,14 \pm 0,03$). Correlações nulas foram obtidas entre o PA com o PE ($0,03 \pm 0,03$) e DPP ($-0,01 \pm 0,04$). A AA apresentou associação genética positiva e baixa com as características reprodutivas mensuradas em fêmeas e nula com o PE ($-0,08 \pm 0,03$).

Correlações genéticas negativas e favoráveis foram estimadas entre o ECC e características reprodutivas de fêmeas, e desfavorável com o PE ($-0,13 \pm 0,06$). A seleção baseada em maiores PES e CS deve levar a um aumento no tamanho, não sendo esperadas alterações no ECC de vacas. A seleção de animais com maior AOL e EGS deve levar ao longo das gerações a uma diminuição do tamanho adulto das progênies e melhorias na condição corporal das vacas. Após várias gerações de seleção, a escolha de touros com maiores valores genéticos para o perímetro escrotal pode levar a uma redução na condição corporal das vacas. A seleção baseada no escore de condição corporal de matrizes de corte deve levar a obtenção de vacas mais eficientes em termos reprodutivos.

Palavras chave: altura adulta; análise bayesiana; dias para o parto; duração da gestação; idade ao primeiro parto; intervalo de partos; perímetro escrotal; peso adulto.

Abstract

LACERDA, Viviane Vasconcelos. **Traits of mature size and body condition score of cows and genetics associations with visual scores, carcass quality and reproductive efficiency in Nelore cattle.** 2016. 75f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

Were evaluated the ability estimation of parameters and prediction of breeding values in Bayesian models for weight (MW), height (MH) and body condition score (BCS) of mature cows and estimated the correlation between these traits with yearling measures (YW: weight; YC: conformation score; YP: precocity score; YM: muscling score; YN: navel score; LMA: longissimus muscle area and BF: back fat thickness) and reproductive traits (SC: scrotal circumference; AFC age at first calving; GL: gestation length; DC: days to calving; CI: calving interval). For MW and MH were evaluated the effect of inclusion the body condition score (CG1) or not (CG2) in the contemporary groups, using single trait analyses and linear animal models. The linear and threshold models were compared for BCS. In a second step, two-trait analyzes were performed including MW, MH or BCS with each other traits. Higher heritability for MW was obtained using the CG1 (0.45 ± 0.02) compared to CG2 (0.39 ± 0.02). Was not observed difference in heritability estimates for MH (0.35 ± 0.02) using the CG1 or CG2 models. Sires rank correlations between predicted breeding values using CG1 and CG2 ranging from 0.60 to 0.92 for MW and 0.90 to 0.98 for MH, considering different selection intensities. The incorporation of body condition score in the contemporary groups is indicated only for MW evaluations. For BCS, the same sires should be selected, independent of the model (linear or threshold) used. The MW showed higher genetic association with YW (0.84 ± 0.01) and YC (0.66 ± 0.03) rather than YP (0.25 ± 0.03), YM (0.20 ± 0.02) and YN (0.18 ± 0.03). Similarly, the MH was positive and higher genetic associated with YW (0.64 ± 0.02) and YC (0.54 ± 0.03) compared to YN (0.18 ± 0.03). On the other hand, negative and low genetics correlations were estimated between MH with YP (-0.08 ± 0.03) and YM (-0.14 ± 0.03). The BCS was genetically and positively associated with all traits evaluated at yearling, but of higher magnitude with YP (0.61 ± 0.06) and YM (0.60 ± 0.07). Negative genetic correlations were obtained between mature size and carcass traits, ranging from low to moderate magnitude. On the other hand, positive genetic associations were estimated between BCS with LMA (0.38 ± 0.12) and BF (0.32 ± 0.14). The MW was positive correlated with AFC (0.23 ± 0.08), CI (0.25 ± 0.15) and, with lower magnitude, of GL (0.14 ± 0.03). Null genetic correlations were obtained between MW with SC (0.03 ± 0.03) and DC (-0.01 ± 0.04). The MH showed positive and low genetic association with all female reproductive traits, but negative with SC (-0.08 ± 0.03). Negative and favorable genetic correlations were estimated between BCS and females reproductive traits, but unfavorable with SC (-0.13 ± 0.06). Selection based on YW and WC should lead to an increase in mature size, but no changes in BCS of cows are expected. Over several generations, the selection based on LMA and/or BF should result in reduction of the mature size and improvements in the body condition of cows, by correlated response. The use of sires with high genetic breeding values for SC should result in reduction of body condition of cows. Selection based on body condition score should contribute to obtaining more efficient cows in reproductive terms.

Keywords: age at first calving; Bayesian analysis; calving interval; days to calving; gestation length; mature height; mature weight; scrotal circumference

Lista de Figuras

Figura 1	Distribuição percentual dos registros de escore de condição corporal de vacas (ECC) e escores visuais ao sobreano (CS: conformação, PS: precocidade, MS: musculatura e US: umbigo), em animais da raça Nelore.	37
Figura 2	Distribuição das herdabilidades obtidas para o peso (PES), escores visuais de conformação (CS), precocidade (PS), musculatura (MS) e umbigo (US), área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS), avaliados ao sobreano na raça Nelore.	45
Figura 3	Número de repetições para duração da gestação (DG), dias para o parto (DPP) e intervalos de partos (IEP) em vacas da raça Nelore	63
Figura 4	Distribuição das herdabilidades obtidas para o peso adulto (PA), altura adulta (AA) e escore de condição corporal (ECC) de vacas da raça Nelore.	66

Lista de Tabelas

Tabela 1	Estatística descritiva para as características obtidas na idade adulta de vacas (peso: PA, altura: AA, escore de condição corporal: ECC), e ao sobreano em fêmeas e machos (peso: PES, conformação: CS, precocidade: PS, musculatura: MS, umbigo: US, área de olho de lombo: AOL, espessura de gordura subcutânea: EGS).....	39
Tabela 2	Valores médios, desvios padrão (DP) e intervalos de credibilidade de 95% (IC) das variâncias genética aditiva direta e residual e herdabilidades para o peso e altura adulta, considerando duas definições de grupos de contemporâneos ¹	43
Tabela 3	Valores médios, desvio padrão (DP) e intervalos de credibilidade de 95% (IC) das variâncias genética aditiva direta e residual e herdabilidade para o escore de condição corporal de vacas da raça Nelore, utilizando modelos de linear e limiar.....	44
Tabela 4	Valores médios e intervalos de credibilidade [IC-95%] das correlações genéticas e fenotípicas estimadas entre as características obtidas em vacas com as medidas avaliadas ao sobreano na raça Nelore.....	46
Tabela 5	Respostas diretas a seleção para o peso adulto (PA), altura adulta (AA) e escore de condição corporal (ECC) de vacas, respostas correlacionadas e ganhos genéticos por geração (G_{ag}) para as mesmas características, considerando a seleção aplicada em medidas obtidas ao sobreano.....	47

Tabela 6	Estatística descritiva para o peso adulto (PA), altura adulta (AA), escore de condição corporal (ECC), perímetro escrotal (PE), idade ao primeiro parto (IPP), duração da gestação (DG), dias para o parto (DPP) e intervalo de partos (IEP) em animais da raça Nelore.	62
Tabela 7	Valores médios, desvios padrão (DP) e intervalos de credibilidade (IC-95%) a posteriori das variâncias genética aditiva direta, de ambiente permanente e residual, herdabilidade e repetibilidade para as características reprodutivas na raça Nelore.....	67
Tabela 8	Médias, desvios padrão (DP) e intervalos de credibilidade (IC-95%) a posteriori das correlações genéticas e fenotípicas entre as características de tamanho adulto e condição corporal com as características reprodutivas na raça Nelore.....	68
Tabela 9	Respostas diretas à seleção para o peso adulto (PA), altura adulta (AA) e escore de condição corporal (ECC) de vacas, respostas correlacionadas e ganhos genéticos por geração (G_{ag}) para as mesmas características, considerando a seleção aplicada para as características reprodutivas (perímetro escrotal: PE, idade ao primeiro parto: IPP, duração da gestação: DG, dias para o parto: DPP, intervalo de partos: IEP), em animais da raça Nelore.....	69

Sumário

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	17
2. OBJETIVOS.....	20
2.1 Objetivos Gerais.....	20
2.2 Objetivos Específicos.....	20
3. HIPÓTESES.....	22
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
4.1 Modelos linear e limiar.....	23
4.2 Tamanho adulto.....	24
4.3 Escore de condição corporal.....	25
4.4 Qualidade da carcaça.....	26
4.5 Escores visuais.....	27
4.6 Características reprodutivas.....	28
4.7 Correlações Genéticas.....	29
5. CAPÍTULO I.....	31
5.1 Introdução.....	32
5.2 Materiais e Métodos.....	36
5.2.1 Animais e Características.....	36
5.2.2 Modelos de análise do peso, altura e condição corporal de fêmeas	37
5.2.3 Efeitos sistemáticos para as características ao sobreano.....	38
5.2.4 Modelos estatísticos uni-característica.....	39
5.2.5 Modelos estatísticos bi-características.....	39
5.2.6 Metodologia Bayesiana.....	40
5.2.7 Critérios de Convergência.....	42
5.2.8 Respostas direta e correlacionada.....	42
5.3 Resultados.....	43

5.4	Discussão.....	48
5.5	Conclusões.....	55
6.	CAPÍTULO II.....	56
6.1	Introdução.....	57
6.2	Materiais e Métodos.....	61
6.2.1	Dados e características.....	61
6.2.2	Modelos e análises genéticas.....	63
6.3	Resultados.....	66
6.4	Discussão.....	70
6.5	Conclusões.....	76
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil se destaca por possuir um rebanho comercial com cerca de 211 milhões de cabeças, onde 4,5 milhões desses animais são criados em sistemas de confinamento e o restante está distribuído ao longo de 169 milhões de hectares de pastagens, o que caracteriza a bovinocultura de corte nacional como extensiva (IBGE, 2014).

Ao longo de muitos anos, a maioria dos programas de melhoramento genético para bovinos de corte focou na obtenção de animais mais pesados, considerando exclusivamente o peso corporal no momento da seleção. Porém, alguns estudos vêm demonstrando que a seleção sequencial para maiores pesos, mesmo que em idades jovens, pode acarretar na obtenção de animais mais pesados na idade adulta (MERCADANTE et al., 2006; CASTRO-PEREIRA et al., 2007; BOLIGON et al., 2009; REGATIERI et al., 2012). Animais de maior tamanho, em determinados ambientes, podem ser mais tardios e menos eficientes, levando mais tempo para iniciar a reprodução e atingir um acabamento de carcaça necessário para o abate (MONTAÑO-BERMUDEZ & NIELSEN, 1990; JENKINS & FERRELL, 1994; BALDI et al., 2008; REGATIRI et al., 2012; MELLO et al., 2013; MELLO et al., 2014). Dessa forma, os programas de melhoramento genético da raça Nelore (ANCP/PMGRN, 2015; ALIANÇA NELORE, 2015) já estão disponibilizando avaliações genéticas para o peso adulto de vacas, entretanto, a seleção para esta característica ainda é limitada. A altura, em comparação ao peso, é menos suscetível às variações ambientais, tornando-se uma característica que pode melhor representar o tamanho adulto de vacas (ARANGO et al., 2002).

Outra característica importante a ser observada nas fêmeas é o escore de condição corporal, utilizado para avaliar o balanço energético e a composição corporal (conteúdo de massa muscular e gordura subcutânea) dos animais. Alguns trabalhos associam os baixos escores de condição corporal de vacas ao aparecimento tardio do cio, aumentando o intervalo de partos e reduzindo a taxa de prenhez, o que pode ser agravado nas estações de acasalamento de curta duração (GRECELLÉ et al., 2006; ROCHE et al. 2007; SANTOS et al., 2009).

A avaliação de carcaças através de ultrassonografia vem demonstrando vantagens em relação aos métodos *post mortem*, devido ao menor tempo e custo de avaliação, o que possibilita que um número maior de animais seja avaliado (YOKOO et al., 2015). A área de olho de lombo e a espessura de gordura subcutânea são as características mais utilizadas para referenciar a qualidade de uma carcaça. A área de olho de lombo indica proporção de músculo, já a gordura subcutânea está associada ao grau de acabamento da carcaça, importante proteção no resfriamento (CAETANO et al., 2013; YOKOO et al., 2015).

Neste sentido, os escores visuais de conformação, precocidade e musculatura vêm sendo amplamente utilizados pelos programas de melhoramento de bovinos de corte, com o objetivo de identificar os animais com melhor composição de carcaça e maior precocidade ao atingir as condições de abate. O escore para o tamanho e formato do prepúcio e do umbigo também é bastante utilizado e vêm sendo atribuído aos animais com o propósito de evitar a obtenção prepúcios longos, que podem comprometer o desempenho reprodutivo de machos, em decorrência a problemas causados pelo atrito com a vegetação.

As estimativas de herdabilidade dos escores visuais das características relacionadas à carcaça (conformação, precocidade e musculatura) e as estimativas de herdabilidade de várias medidas morfométricas indicam a existência de relevante variabilidade genética em características morfológicas na raça Nelore (LIMA et al., 1989; ELER et al., 1996; CYRILLO et al., 2001; KOURY FILHO, 2001; SILVA et al., 2003; VAN MELIS et al., 2003; PEREIRA et al., 2004; CARDOSO et al., 2004).

As características reprodutivas são consideradas as mais importantes do ponto de vista econômico e em relação a eficiência de um rebanho bovino. Porém, as estimativas de herdabilidades para características desta natureza, mensuradas diretamente em fêmeas, apresentam baixas herdabilidades (MUCARI et al., 2007; BOLIGON et al., 2008; YAGÜE et al., 2009; REGATIERI et al., 2012; CAETANO et al., 2013; RÍOS-UTRERA et al., 2013; SILVEIRA et al., 2015). Por outro lado, o perímetro escrotal apresenta herdabilidades de magnitudes moderadas (FORNI & ALBUQUERQUE, 2005; YOKOO et al., 2007; BOLIGON et al., 2010a; VAN MELIS et al., 2010; REGATIERI et al., 2012) sendo amplamente utilizado como indicador de precocidade sexual e desempenho reprodutivo de machos, além de estar associado ao desempenho reprodutivo das matrizes de corte (CASTRO-PEREIRA et al., 2007; VAN MELIS et al., 2010; SANTANA et al., 2015;

TERAKADO et al., 2015). A utilização do perímetro escrotal, juntamente com as características reprodutivas avaliadas diretamente em fêmeas, deve contribuir para o aumento na produtividade dos rebanhos.

Apesar da importância do tamanho e da condição corporal das matrizes corte, poucos estudos relacionam geneticamente tais características com a qualidade das carcaças e eficiência reprodutiva dos rebanhos. Dessa forma, novos estudos precisam ser realizados visando determinar se as características indicadoras de tamanho e condição corporal de vacas podem ser úteis como um meio indireto de seleção para melhorias na eficiência produtiva e reprodutiva dos rebanhos bovinos criados extensivamente, evitando a obtenção de animais com tamanho indesejável.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de testar modelos de análise para características de tamanho e escore de condição corporal de vacas adultas, determinando suas relações com as características indicadoras de precocidade para abate, de qualidade da carcaça e, também, com as características relacionadas a eficiência reprodutiva em bovinos da raça Nelore.

2.2 Objetivos Específicos

- Testar a habilidade dos modelos Bayesianos (linear e de limiar) em estimar parâmetros para a característica escore de condição corporal de vacas.
- Avaliar o efeito da inclusão do escore de condição corporal nos grupos de contemporâneos para análise de parâmetros genéticos para as características peso e altura adulta.
- Estimar parâmetros genéticos para as características indicadoras de tamanho (peso e altura adulta) e escore de condição corporal de vacas; peso e escores visuais (conformação, precocidade, musculatura e umbigo) avaliados ao sobreano; para características de qualidade de carcaça (área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea) e para as características reprodutivas (perímetro escrotal, idade ao primeiro parto, duração da gestação, dias para o parto e intervalo de partos);
- Avaliar as correlações genéticas existentes entre o peso, altura e escore de condição corporal em vacas adultas com o peso e escores visuais avaliados ao sobreano, com as características de qualidade de carcaça e com as medidas de desempenho reprodutivo de machos e fêmeas;
- Disponibilizar informações acerca do tamanho adulto e da condição corporal de vacas para que, no futuro, possam ser implantados nos programas de

melhoramento genético de bovinos de corte, auxiliando a obtenção de animais mais eficientes em termos de produção e reprodução para os diferentes sistemas de criação.

3. HIPÓTESES

- A utilização dos modelos linear e de limiar deve apresentar diferenças nas estimativas de parâmetros genéticos para a característica escore de condição corporal de vacas.
- A inclusão do efeito do escore de condição corporal nos grupos de contemporâneos, deve promover diferenças nas estimativas dos parâmetros para peso e altura adulta de vacas.
- O tamanho adulto e a condição corporal das fêmeas devem exercer influência nas características indicadoras de precocidade para o abate, como peso e escores visuais avaliados ao sobreano, na qualidade de carcaça e nas medidas de desempenho reprodutivo de machos e fêmeas.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Modelos linear e limiar

Os modelos lineares são comumente utilizados para explicar as observações de variáveis dependentes por meio de efeitos fixos e/ou aleatórios, atribuídos a outra série de variáveis independentes. Esse tipo de modelo é muito utilizado na análise de variáveis contínuas. Já o modelo limiar foi desenvolvido, por Gianola & Foulley (1983) para avaliação genética de dados categóricos. Posteriormente, Van Tassel et al. (1998) tornaram possíveis as análises multi-características que relacionam dados contínuos e categóricos.

Os modelos de limiar ou threshold admitem que existe uma variável subjacente de distribuição contínua, em relação à variável discreta e as estimativas referentes a uma determinada categoria são observadas se os valores da escala subjacente estiverem localizados entre os limiares que definem essa categoria. Assim, a distribuição de probabilidade das estimativas, para dados categóricos, depende da posição da média da distribuição subjacente contínua, em relação aos limiares fixos.

Os modelos lineares têm sido preferidos em relação aos de limiar, na avaliação genética de características categóricas, pela facilidade de aplicação. No entanto, os procedimentos lineares são descritos como não apropriados para se quantificar a natureza discreta dos dados categóricos (MARCONDES et al., 2005). Esse fato implica no problema de se gerarem valores baixos das estimativas dos parâmetros genéticos e em conclusões equivocadas referentes ao ganho genético dessas características, quando submetidas à seleção. Alguns autores (LUO et al., 2002; SILVA et al., 2003; MARCONDES et al., 2005) estudaram a aplicação de modelos de limiar em avaliações genéticas de características categóricas, relatando maiores estimativas de parâmetros genéticos em relação a utilização do modelo linear.

4.2 Tamanho adulto

O tamanho adulto de fêmeas, representado pelo peso e altura do posterior, é um importante fator a ser considerado em programas de melhoramento, pois está associado ao custo de manutenção dos animais (JENKINS & FERRELL, 1994). Animais de maior tamanho, em determinados ambientes, podem ser mais tardios e menos eficientes, levando maior tempo para entrar em reprodução e atingir um acabamento de carcaça necessário para o abate (MONTAÑO-BERMUDEZ & NIELSEN, 1990; JENKINS & FERRELL, 1994; BALDI et al., 2008; REGATIRI et al., 2012; MELLO et al., 2013; MELLO et al., 2014). Segundo Ribeiro et al. (2001), em geral, as vacas de maior porte dentro de uma raça ou entre raças ou cruzamentos produzem bezerros mais pesados ao desmame, porém têm maiores requerimentos de manutenção e, normalmente, produzem mais leite, o que aumenta suas necessidades nutricionais. Entretanto, quando as fontes de alimentação são limitadas, as reservas corporais podem ser utilizadas para cobrir requerimentos nutricionais de manutenção e lactação, sobretudo, em vacas primíparas, em que o fenômeno é mais acentuado em razão da maior exigência nutricional, uma vez que ainda se encontram na fase de crescimento, prolongando o anestro pós-parto (ROVIRA, 1996; MELLO et al., 2006). Dessa forma, em ambientes livres de estresse, com alimentação farta, biótipos maiores podem ser mais eficientes, enquanto que em situações de estresse ou de escassez de recursos, deveriam ser preferíveis os animais mais rústicos e de tamanho médio (JENKINS & FERREL, 1994; RITCHIE, 1995).

Ao atingir a idade adulta, o crescimento de ossos e músculos nos animais é cessado e inicia-se a deposição de tecido adiposo, responsável pelo acabamento da carcaça para o abate (HOSSNER, 2005). Neste sentido, a altura adulta, deve representar de maneira mais eficiente o tamanho das matrizes, uma vez que é menos suscetível às variações do meio ambiente que o peso corporal, principalmente em sistemas de criação extensivos (ARANGO et al., 2002).

Apesar da fácil mensuração do peso e da altura adulta, a maioria dos programas de avaliação genética de gado Nelore tem focado em características relacionadas com o crescimento, incluindo medidas de peso obtidos em idades jovens (peso a desmama e sobreano) ou ganho de peso em diferentes fases de crescimento. Apesar da vantagem de antecipar o processo de seleção, a utilização dessas características nos índices de seleção pode conduzir a um aumento no tamanho de vacas por resposta correlacionada (MERCADANTE et al., 2004; CASTRO-PEREIRA et al., 2007; BOLIGON et al., 2009;

REGATIERI et al., 2012), o que não é desejável, especialmente em sistemas de produção extensivos, com alimentação exclusivamente a pasto.

Foram encontradas na literatura valores de herdabilidades que variaram de 0,42 a 0,46 para o peso adulto (PEDROSA et al., 2010; BOLIGON et al., 2011; REGATIERI et al., 2012; BOLIGON et al., 2013; BOLIGON et al., 2014; SILVEIRA et al., 2015) e de 0,32 a 0,47 para a altura adulta (PEDROSA et al., 2010; BOLIGON et al., 2013; SILVEIRA et al., 2015). Esses resultados indicam que a seleção de animais baseada no peso e altura adulta deve promover mudanças no tamanho das matrizes.

4.3 Escore de condição corporal

O escore de condição corporal é uma medida subjetiva, baseada na classificação dos animais em função da massa muscular e da cobertura de gordura, por meio de avaliação visual e/ou tátil. Segundo Machado et al. (2008), a atribuição do escore de condição corporal é uma ferramenta importante para se avaliar estado nutricional e o balanço energético do rebanho, sendo considerada em uma escala de 1 a 5 pontos, seguindo os seguintes critérios:

- 1 (caquética): os processos transversos e espinhosos, as costelas, os ossos íleos e ísquios estão expostos, a cauda totalmente inclusa dentro do coxal e atrofia muscular pronunciada.
- 2 (magra): ossos bastante salientes; certa proeminência dos processos dorsais, dos íleos e dos ísquios. As costelas têm pouca cobertura, os processos transversos permanecem visíveis e a cauda está menos inclusa nos coxais.
- 3 (média): há uma suave cobertura muscular com grupos de músculos à vista. Os processos dorsais estão pouco visíveis; as costelas, quase cobertas; e os processos transversos, pouco aparentes. Ainda não há camadas de gordura.
- 4 (gorda): há boa cobertura muscular, com alguma deposição de gordura na inserção da cauda. As costelas e os processos transversos estão completamente cobertos. Partes angulares do esqueleto parecem menos identificáveis.
- 5 (obesa): todos os ângulos do corpo estão cobertos, incluindo as partes salientes do esqueleto e o animal tem aparência arredondada.

O escore de condição corporal de vacas está associado a produção, afetando o peso dos bezerros na desmama e a reprodução, atuando sobre a capacidade da vaca em emprenhar nas próximas estações de monta (SANTOS et al., 2009). Em bovinos de corte, o escore de condição corporal é comumente atribuído no início da estação de monta ou no diagnóstico de prenhes. A condição corporal da fêmea no momento do parto pode definir se a vaca será capaz de apresentar cio na próxima estação de acasalamento, pois reflete o balanço energético da fêmea (ROCHE et al. (2007). Um balanço energético negativo no final da gestação e início da lactação deve ocasionar o aparecimento de cios tardios e até mesmo reduzir as taxas de prenhes (GRECELLÉ et al., 2006; SANTOS et al., 2009).

As estimativas de herdabilidades encontradas na literatura para o escore de condição corporal variam de 0,16 a 0,51 (ARANGO et al., 2002; MERCADANTE et al., 2004; MELLO et al., 2013), indicando possível ganho genético na condição corporal quando aplicada a seleção.

4.4 Qualidade da carcaça

Os fatores mais importantes envolvidos na qualidade de uma carcaça são o rendimento dos cortes cárneos, a quantidade de gordura subcutânea, por proteger a carne no processo de resfriamento e diminuir as perdas pelo frio, e a gordura intramuscular, responsável pelo sabor e maciez da carne (CUNDIFF et al., 1993; BOLEMAN et al., 1998).

A avaliação da qualidade através de métodos que utilizam ultrassonografia em tempo real vem demonstrando vantagens em relação aos métodos *post mortem*, devido ao menor tempo e custo de avaliação, o que possibilita que um número maior de animais seja avaliado (YOKOO et al., 2015).

No Brasil, a área de olho de lombo e a espessura de gordura subcutânea por ultrassonografia são as duas características mais utilizadas para referenciar a qualidade de uma carcaça. A área de olho de lombo, que é o espaço de uma secção transversal do músculo *Longissimus dorsi* entre a 12ª e 13ª costela, se refere a musculabilidade. Já a espessura de gordura subcutânea, que é a espessura do depósito de gordura entre as 12ª e 13ª costela, está associada ao grau de acabamento da carcaça (CAETANO et al., 2013).

Para animais da raça Nelore, são relatadas herdabilidades variando de 0,33 a 0,46 para a área de olho de lombo e de 0,23 a 0,42 para a espessura de gordura subcutânea (GORDO et al., 2012; CAETANO et al., 2013; YOKOO et al., 2015), o que sugere que a utilização de tais características como critérios de seleção de animais deve melhorar a qualidade das carcaças.

4.5 Escores visuais

Os escores visuais foram incluídos como critério de seleção em programas de melhoramento de bovinos de corte como uma tentativa de selecionar os animais com melhor composição de carcaça e maior precocidade ao atingir as condições de abate. As primeiras avaliações com base em escores visuais ocorreram nos Estados Unidos, através do sistema Ankony, que se baseava em uma escala de um a dez pontos, considerando características como ausência de gordura excessiva, musculabilidade, tamanho do esqueleto, aprumos e caracterizações racial e sexual. No Brasil os métodos de avaliação mais utilizados são três: CPMU (conformação, precocidade, musculabilidade e umbigo), utilizados pelos Programas de Melhoramento Genético CFM, Aliança e Conexão Delta G; EPMURAS (estrutura, precocidade, musculabilidade, umbigo, racial, aprumos e aspectos sexuais), utilizado pela Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ) e MERCOS (musculabilidade, estrutura física, conformação, ônfalo e aspectos sexuais), desenvolvido pelo Programa de Melhoramento da Raça Nelore (ANCP/PMGRN).

O método de avaliação CPMU, desenvolvido pela empresa GenSys a partir da década de 1990, se refere às características conformação (considerando o comprimento, largura, profundidade e aparência geral do animal), precocidade (indica a capacidade do indivíduo em armazenar reservas de gordura, indicando a precocidade de terminação), musculatura (massa muscular apresentada pelo animal) e umbigo (tamanho e posicionamento do prepúcio). Os animais são avaliados ao desmame e ao sobreano, atribuindo-se escores de um a cinco, onde cinco é a expressão máxima da característica avaliada (FARIA et al., 2009).

As estimativas de herdabilidades encontradas na literatura para os escores de conformação, precocidade e musculatura variaram de 0,23 a 0,44; 0,19 a 0,40; 0,22 a 0,40, respectivamente (FARIA et al., 2010; GORDO et al., 2012; KOURY FILHO et al.,

2010; PEDROSA et al., 2010; BOLIGON et al., 2011; BOLIGON et al., 2014). Para o umbigo ao sobreano, Bignardi et al. (2011) e Gordo et al. (2012) relataram herdabilidades de 0,38 e 0,27, respectivamente.

4.6 Características reprodutivas

A reprodução é considerada um dos pontos mais críticos dentro de um sistema de produção de bovinos de corte, pois além de determinar a quantidade de animais produzidos que será entregue ao abate, também define o intervalo de gerações, muito importante para os programas de melhoramento genético.

Em sistemas de produção extensivos, as avaliações de características reprodutivas mensuradas diretamente em fêmeas, apesar de fácil mensuração, ainda apresentam limitações. Dessa forma, alguns programas de melhoramento começam a disponibilizar predições de valores genéticos para as principais características reprodutivas como é o caso do perímetro escrotal, idade ao primeiro parto, intervalo de partos, duração da gestação e stayability (ANCP/PMGRN, 2015; ABCZ/PMGZ, 2015; CFM, 2015; Aliança Nelore, 2015; Conexão Delta G, 2015; Geneplus, 2015).

O perímetro escrotal vem sendo amplamente utilizado com o objetivo de aumentar a precocidade sexual e o desempenho reprodutivo de machos (YOKOO et al, 2007; DIAS et al., 2008; BOLIGON et al, 2010a) e também para melhorar a eficiência reprodutiva das matrizes de corte, por resposta correlacionada (CASTRO-PEREIRA et al., 2007; VAN MELIS et al., 2010; SANTANA et al., 2015; TERAKADO et al., 2015).

O procedimento de emprenhar novilhas mais jovens, reduzindo a idade ao primeiro parto, promove o retorno mais rápido do capital investido, além de aumentar a vida reprodutiva e o número de progênie por vaca, o que está relacionado à longevidade potencial da fêmea (AZEVEDO et al., 2006). A duração de uma gestação apresenta limites fisiológicos, porém, a redução desse intervalo de tempo possibilitaria às fêmeas uma melhor recuperação, aumentando as chances de apresentarem cio na estação de acasalamento subsequente (CHUD et al., 2014). Fêmeas mais eficientes apresentam estro durante a estação de monta, requerendo menor número de serviços para emprenhar e, por consequência, apresentarão menor período de dias para o parto.

A característica dias para o parto permite identificar os animais com maior fertilidade dentro do rebanho e fêmeas que emprenham mais precocemente dentro da estação de monta (FORNI & ALBUQUERQUE, 2005). Por outro lado, o intervalo de partos, que se refere ao tempo decorrido entre dois partos subsequentes, engloba o tempo em que a fêmea levou para apresentar estro, o número de inseminações ou montas até emprenhar e o tempo de duração da gestação. A eficiência reprodutiva de uma fêmea seria atingida ao alcançar o intervalo entre partos de 365 dias, ou seja, a produção de um bezerro/ano (YAGÜE et al., 2009).

Foram encontradas na literatura herdabilidades de baixas magnitudes para as características reprodutivas medidas em fêmeas, como a idade ao primeiro parto, dias para o parto e intervalo de partos (MUCARI et al., 2007; BOLIGON et al., 2008; YAGÜE et al., 2009; REGATIERI et al., 2012; CAETANO et al., 2013; RÍOS-UTRERA et al., 2013; SILVEIRA et al., 2015). Dessa forma, a seleção baseada em valores genéticos, juntamente com melhorias ambientais, deve tornar os rebanhos mais eficientes em termos reprodutivos.

4.7 Correlações Genéticas

Apesar da importância do tamanho adulto de fêmeas e do escore de condição corporal, são raros os estudos que avaliam os efeitos de tais características sob características de desempenho produtivo e reprodutivo. Foram encontradas correlações genéticas entre o peso adulto e peso ao sobreano variando de moderadas a altas, 0,31 a 0,71 (PEDROSA et al, 2010; REGATIERI et al, 2012; BOLIGON et al, 2014). Entre o peso adulto e os escores de conformação, precocidade e musculatura, avaliados ao sobreano, as estimativas encontradas foram moderadas, variando de 0,30 a 0,36 (PEDROSA et al, 2010; BOLIGON et al, 2011; REGATIERI et al, 2014). Não foram encontrados trabalhos correlacionando altura adulta e escore de condição corporal de fêmeas com o peso ao sobreano e com características morfológicas obtidas por avaliações visuais ao sobreano.

Em relação a qualidade de carcaça, Caetano et al. (2013) estimaram correlações genéticas de 0,32 e 0,19 entre o peso adulto de vacas com área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea, respectivamente. Não foram encontrados outros trabalhos associando tais características.

Estudos relacionando a influência da altura adulta com a eficiência reprodutiva de

machos e fêmeas, também, não foram encontrados. Entre o peso adulto e o perímetro escrotal mensurado ao sobreano foi encontrada correlação genética de 0,24 (REGATIERI et al, 2012). As estimativas de correlações genéticas apresentadas, na literatura, entre o peso adulto e a idade ao primeiro parto variaram de -0,31 a 0,20 (MELLO et al, 2006; BOLIGON et al, 2008; BOLIGON et al, 2010b; REGATIERI et al, 2012).

Para a característica dias para o parto foram relatadas correlações de -0,16 com peso ao primeiro parto (BOLIGON et al, 2008) e -0,35 com o escore de condição corporal de vacas adultas (MERCADANTE et al, 2006).

Os valores de correlações genéticas disponíveis na literatura indicam que o peso e o escore de condição corporal de vacas, de modo geral, estão associados à precocidade para abate e também à eficiência reprodutiva dos animais. Por outro lado, foram poucos os trabalhos encontrados que avaliassem a relação de tais características. Esses resultados evidenciam a necessidade de novos estudos neste sentido, especialmente investigando a influência da altura adulta sob características produtivas e reprodutivas, já que nenhum resultado foi encontrado.

5. CAPÍTULO I

Avaliação genética de características obtidas em vacas Nelore e associações com peso, escores visuais e medidas de qualidade da carcaça ao sobreano.

5.1 Introdução

As características indicadoras de tamanho adulto de vacas, como o peso e a altura, não são comumente avaliadas nos programas de melhoramento genético para bovinos de corte, embora, alguns estudos (BALDI et al., 2008; REGATIRI et al., 2012; MELLO et al., 2013; MELLO et al., 2014) já tenham demonstrado não ser desejável a obtenção de fêmeas muito grandes, especialmente em sistemas de criação extensivos. De forma geral, fêmeas de menor porte apresentam menores requerimentos nutricionais que as de porte mais elevado e, além disso, atingem a puberdade mais cedo (JENKINS & FERREL, 1994; RITCHIE, 1995; ROVIRA, 1996). A altura, em comparação ao peso, é menos suscetível às variações ambientais, tornando-se uma característica que pode melhor representar o tamanho adulto de vacas. Boligon et al. (2013) e Silveira et al. (2015) relataram herdabilidades moderadas para o peso ($0,42 \pm 0,02$ e $0,44 \pm 0,01$) e altura ($0,47 \pm 0,02$ e $0,32 \pm 0,02$) de vacas da raça Nelore, respectivamente, indicando que a utilização dessas características, como critérios de seleção ou descarte de matrizes de corte, pode provocar mudanças no tamanho dos animais.

O escore de condição corporal representa uma medida visual subjetiva da quantidade de gordura subcutânea, sendo utilizado como forma de avaliar a composição corporal e o balanço energético dos animais. Alguns estudos (ARANGO et al., 2002; MERCADANTE et al., 2006; SILVEIRA et al., 2015) demonstram a importância de se avaliar e incluir essa característica como efeito no ajuste do peso corporal de vacas e como critério de seleção em programas de melhoramento genético. Arango et al. (2002), ao analisarem o peso adulto de vacas das raças Angus e Hereford, relataram maior estimativa de herdabilidade quando este foi ajustado para a condição corporal ($0,54 \pm 0,04$) em relação a não ajustar para essa variável ($0,49 \pm 0,04$). Segundo esses autores, a diferença observada na herdabilidade ocorreu devido principalmente à redução na variância de ambiente permanente quando o escore de condição corporal foi utilizado no ajuste do peso. Ao analisarem o escore de condição corporal de vacas da raça Nelore, Mercadante et al. (2006) e Silveira et al. (2015) estimaram herdabilidades de $0,21 \pm 0,03$ e $0,23 \pm 0,05$, respectivamente, sugerindo que a característica apresenta variabilidade

genética e pode ser considerada como critério de seleção, porém a resposta deverá ser lenta. Esses autores também relataram correlações genéticas positivas e moderadas entre o escore de condição corporal com o peso adulto ($0,37\pm 0,09$ e $0,41\pm 0,04$) e negativas e baixas com a altura das vacas ($-0,15\pm 0,10$ e $-0,06\pm 0,03$), indicando que a seleção de animais baseada em maiores escores de condição corporal deve promover aumento no peso adulto ao longo das gerações, o que não é esperado para a altura das fêmeas.

As características obtidas por notas atribuídas visualmente, como acontece com o escore de condição corporal, apresentam distribuição discreta, merecendo atenção aos métodos de avaliação a serem aplicados às características dessa natureza. Em geral, as análises podem ocorrer de duas formas: 1) utilizando métodos que ignoram a natureza discreta dos dados categóricos, utilizando o procedimento linear, como se os dados fossem contínuos (LUO et al., 2002); 2) envolvendo o conceito de limiar (ou threshold), que assume uma distribuição normal não observável subjacente para a variável discreta mensurada. A conexão da variável discreta e a escala contínua subjacente é gerada por um conjunto de limiares fixos, dessa forma, a variável subjacente é descrita pelo modelo linear, mas a relação da escala subjacente é não linear (GIANOLA & SORENSEN, 2002). Alguns autores (LUO et al., 2002; SILVA et al., 2003; MARCONDES et al., 2005) estudaram a aplicação de modelos de limiar em avaliações genéticas de características categóricas, relatando maiores estimativas de parâmetros genéticos em relação a utilização do modelo linear. Entretanto, estudos comparando modelos de linear e limiar para o escore de condição corporal não foram encontrados na literatura.

Os escores visuais de conformação, precocidade e musculatura ajudam a identificar animais com melhor composição de carcaça, além de possibilitarem inferir sobre a rapidez com que os animais atingirão as condições de abate. Por outro lado, atribuições de escores para o tamanho e formato do prepúcio (nos machos) e do umbigo (nas fêmeas) vêm sendo realizadas com o objetivo principal de atenuar os problemas decorrentes de prepúcios muito longos em machos criados a campo, os quais estão mais suscetíveis a lesões causadas pela vegetação, comprometendo o desempenho reprodutivo. Devido a sua importância, avaliações genéticas para essas características mensuradas ao sobreano já estão sendo disponibilizadas aos produtores de bovinos de corte.

A área de olho de lombo e a espessura de gordura subcutânea, avaliadas por ultrassonografia, são as características mais utilizadas, no Brasil, para referenciar a qualidade de uma carcaça. A área de olho de lombo se refere a quantidade de músculo na carcaça do animal e a espessura de gordura subcutânea está associada ao grau de acabamento da carcaça (CAETANO et al., 2013). Para animais da raça Nelore, são relatadas herdabilidades variando de 0,33 a 0,46 para a área de olho de lombo e de 0,23 a 0,42 para a espessura de gordura subcutânea (GORDO et al., 2012; CAETANO et al., 2013; YOKOO et al., 2015), indicando que a utilização dessas características como critérios de seleção deve proporcionar ganhos genéticos ao longo dos anos. Entretanto, pouco se sabe sobre suas associações genéticas com características obtidas em animais adultos.

O conhecimento das relações existentes entre o peso e, principalmente, a altura de fêmeas com características avaliadas ao sobreano deve proporcionar importantes informações a serem utilizadas em programas de melhoramento. Alguns estudos desenvolvidos nos últimos anos indicam que a seleção baseada em escores visuais e peso ao sobreano pode promover mudanças no tamanho das matrizes, sendo relatadas correlações genéticas variando de 0,31 a 0,71 entre o peso ao sobreano e peso adulto e de 0,30 a 0,36 entre os escores de conformação, precocidade e musculatura ao sobreano com o peso adulto (PEDROSA et al., 2010; BOLIGON et al., 2011; REGATIERI et al., 2011). Entretanto, poucos autores associaram geneticamente características indicadoras de qualidade de carcaça com medidas obtidas em animais adultos. Para a raça Nelore são relatadas correlações genéticas de 0,32 e 0,19 entre a área de olho de lombo e a espessura de gordura subcutânea com o peso adulto de fêmeas (CAETANO et al., 2013). Estudos associando essas medidas tomadas ao sobreano com a altura adulta são escassos. De modo semelhante, apesar de não terem sido encontrados na literatura consultada trabalhos relacionando geneticamente a condição corporal de matrizes de corte com medidas indicadoras de qualidade da carcaça, são esperadas associações genéticas entre essas características uma vez que a condição corporal das vacas é atribuída em decorrência da quantidade de músculo e cobertura de gordura apresentadas pelo animal.

A avaliação de modelos de análise para as características mensuradas em fêmeas adultas e associações com escores visuais e medidas de qualidade de carcaça ao sobreano podem ser úteis no melhor planejamento dos critérios de seleção a serem considerados em rebanhos bovinos criados extensivamente, evitando a obtenção de animais com tamanho indesejável e/ou menos eficientes. O presente estudo objetivou testar modelos de análise e estimar parâmetros e correlações entre o tamanho adulto (altura e peso) e o escore de condição corporal de fêmeas com as seguintes características mensuradas ao sobreano: peso, escores visuais (conformação, precocidade, musculatura e umbigo), área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea, em animais da raça Nelore.

5.2 Materiais e Métodos

5.2.1 Animais e Características

Foram analisados dados de 321.650 animais da raça Nelore, obtidos junto ao Programa de Melhoramento Genético da Conexão Delta G, uma associação de pecuaristas especializada em bovinos de corte das raças Hereford, Braford e Nelore, criados a pasto em sistema de produção de ciclo curto, onde os animais iniciam a reprodução e são abatidos rapidamente, ou vendidos como reprodutores jovens. Foram analisadas as seguintes características medidas em vacas mantidas na reprodução: peso adulto (PA), altura adulta (AA) e escore de condição corporal (ECC). Além dessas, foram avaliadas as características de peso (PES), conformação (CS), precocidade (PS), musculatura (MS), umbigo (US), área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS) de machos e fêmeas, mensuradas ao sobreano.

O PA, AA e ECC foram atribuídos no diagnóstico de gestação das vacas. Para o ECC, as fêmeas receberam notas que variaram de 1 (muito magra) a 5 (extremamente gorda). De modo semelhante, os escores visuais de CS, PS, MS e US foram avaliados através do método CPMU (FARIA et al., 2007), desenvolvido pela empresa GenSys, atribuindo-se notas de 1 a 5, onde 5 representa a melhor expressão da característica e 1 a pior. A distribuição do ECC atribuído às vacas e dos escores visuais dos animais ao sobreano pode ser visualizada na Figura 1. As informações de AOL e EGS foram obtidas através de ultrassonografia aplicada entre a região da 12^a e 13^a costelas, transversalmente ao músculo *longissimus dorsi*.

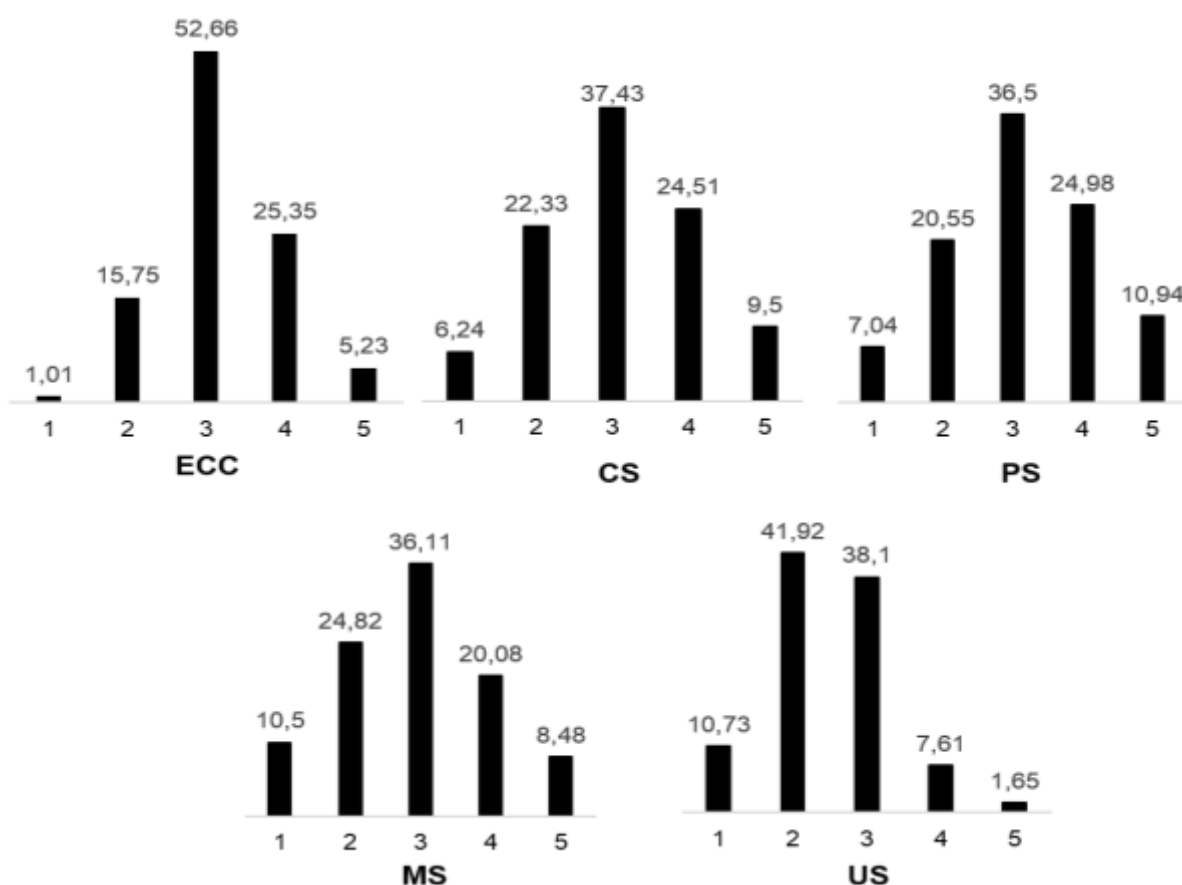


Figura 1. Distribuição percentual dos registros de escore de condição corporal de vacas (ECC) e escores visuais ao sobreano (CS: conformação, PS: precocidade, MS: musculatura e US: umbigo), em animais da raça Nelore.

5.2.2 Modelos de análise do peso, altura e condição corporal de fêmeas

Para as características PA e AA foram realizadas análises prévias (utilizando um modelo linear generalizado) visando definir as variáveis a serem consideradas na formação dos grupos de contemporâneos (GC). Posteriormente, foi avaliada a inclusão ou não do escore de condição corporal no GC (GC1: fazenda, ano e estação da pesagem, grupo de manejo e escore de condição corporal; GC2: fazenda, ano e estação da pesagem e grupo de manejo). As medidas de PA e AA com valores de três desvios padrão acima ou abaixo da média do GC, pertencentes à GC com menos de cinco observações ou provenientes de filhas de touros com menos de quatro progênes foram excluídas.

Para o ECC foi avaliada a habilidade dos dois modelos bayesianos (linear e limiar) na estimação de parâmetros e predição de valores genéticos. O GC para o ECC foi composto por fazenda, ano e estação da mensuração e grupo de manejo. Informações de touros com menos de quatro progênes, GC com menos de cinco observações ou sem

variabilidade (todos os animais possuíam o mesmo valor para o ECC) foram retirados do arquivo final.

Para todas as características medidas na idade adulta de fêmeas (PA, AA e ECC), além do efeito sistemático de GC, foi incluída nas análises a covariável idade da vaca na mensuração (efeitos linear e quadrático).

Ao final, foram calculadas as correlações de classificação (Spearman) entre os valores genéticos preditos utilizando os dois modelos de grupo de contemporâneos para as características PA e AA e, também ao utilizar os modelos linear e de limiar para ECC.

5.2.3 Efeitos sistemáticos para as características ao sobreano

Para as características avaliadas ao sobreano, os GC foram determinados a partir das combinações dos seguintes efeitos: PES: fazenda, ano e estação de nascimento, sexo, grupo de manejo a desmama e ao sobreano; CS, PS, MS, US, AOL e EGS: fazenda, ano e estação de nascimento, sexo e grupo de manejo ao sobreano.

Para as características PES, AOL e EGS, valores fora do intervalo de três desvios padrão acima ou abaixo da média do GC foram excluídos. Para os escores visuais de CS, PS, MS e US, os GC sem variabilidade (em que todos os animais apresentavam o mesmo valor de escore) foram eliminados. Além disso, para todas as características, touros com menos de quatro progênies e GC com menos de cinco observações também foram retirados do arquivo final. Além do efeito sistemático de GC, a idade do animal na mensuração e idade da vaca ao parto foram consideradas como covariáveis (efeitos linear e quadrático) (Tabela 1).

Tabela 1. Estatística descritiva para as características obtidas na idade adulta de vacas (peso: PA, altura: AA, escore de condição corporal: ECC), e ao sobreano em fêmeas e machos (peso: PES, conformação: CS, precocidade: PS, musculatura: MS, umbigo: US, área de olho de lombo: AOL, espessura de gordura subcutânea: EGS).

Característica	NAni	NPai	NMãe	NGC	NFaz	Média	DP	Min	Max
Mensuradas em vacas									
PA (kg)	24.502	1.318	15.447	719	13	410,27	54,28	300,00	670,00
AA (cm)	26.403	1.466	17.466	472	18	140,83	5,21	121,00	170,00
ECC (1 a 5)	13.498	915	9.900	208	6	3,18	0,82	1	5
Mensuradas ao sobreano (machos e fêmeas)									
PES (kg)	332.189	5.501	173.137	15.098	161	276,58	50,72	86,00	574,00
CS (1 a 5)	300.966	4.400	155.244	2.383	76	3,09	1,04	1	5
PS (1 a 5)	300.965	4.400	155.245	2.383	76	3,12	1,08	1	5
MS (1 a 5)	300.959	4.400	155.240	2.383	76	2,91	1,10	1	5
US (1 a 5)	297.643	4.361	153.707	1.872	79	2,48	0,85	1	5
AOL	6.478	244	5.777	255	2	44,39	9,30	22,25	79,73
EGS	6.461	244	5.764	255	2	2,18	0,64	0,90	5,60

NAni: número de animais; NPai: número de pais; NMãe: número de mães; NGC: número de grupos de contemporâneos; NFaz: número de fazendas; DP: desvios padrão; Min: valor mínimo; Max: valor máximo.

5.2.4 Modelos estatísticos uni-característica

Inicialmente, as estimativas de variâncias e predições dos valores genéticos para as características PA, AA e ECC foram obtidas através de análises uni-característica, incluindo os efeitos genético aditivo direto e residual, além do efeito sistemático de GC e da idade do animal na mensuração, como covariável (efeitos linear e quadrático). As análises foram realizadas através dos programas computacionais desenvolvidos por Misztal et al. (2002), que utiliza inferência bayesiana pelo algoritmo da amostragem de Gibbs, sob modelo animal. Para as características PA e AA utilizou-se um modelo linear, através do programa computacional GIBBSF90. Para o ECC, os parâmetros e valores genéticos foram obtidos utilizando modelos bayesianos lineares e de limiar, através dos programas GIBBSF90 e THRGIBBSF90, respectivamente.

5.2.5 Modelos estatísticos bi-características

Posteriormente às análises uni-característica, foram realizadas análises bayesianas bi-características, considerando um modelo animal linear para as características com distribuição contínua (PA, AA, PES, AOL e EGS) e um modelo animal de limiar para características categóricas (ECC, CS, PS, MS e US). Foram realizadas 21

análises bi-características, incluindo em cada análise uma das medidas mensuradas nas vacas (PA, AA ou ECC) com cada uma das características obtidas aos sobreano. Para a característica PA considerou-se a definição GC1 para o efeito sistemático de GC e para AA a definição de GC2.

5.2.6 Metodologia Bayesiana

O modelo geral utilizado no presente estudo pode ser definido como:

$$y = X\beta + Za + e,$$

em que: y é o vetor das variáveis dependentes, β é o vetor de efeitos sistemáticos (GC e covariáveis); a e e são os vetores dos efeitos aleatórios genético aditivo direto e residual, respectivamente; X e Z são as matrizes de incidência relacionando β e a as observações.

As análises uni e bi-característica são compostas por três etapas, onde o primeiro estágio corresponde à distribuição condicional da amostragem do vetor de dados y e no segundo estágio são especificadas as *prioris* para os parâmetros definidos no primeiro estágio, como segue:

$$\beta \sim N(\beta_0, V_\beta)$$

em que: β_0 é a média *a priori* baseada no conhecimento prévio sobre os parâmetros em β e V_β é a variância dessas médias, que é proporcional a segurança que se tem no conhecimento prévio. No presente estudo foi assumido que $V_\beta \rightarrow \infty$, de forma que toda a inferência era derivada dos dados. Ao final do segundo e terceiro estágios, são feitas pressuposições das *prioris* para as variâncias residual e genética aditiva direta por meio de uma distribuição Qui-quadrado invertida escalonada nas análises uni-característica e, através de uma distribuição Wishart invertida nas análises bi-características.

Considerando o modelo geral, em análises uni-característica, assume-se que:

$$\begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} \sim N \left(\begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} ZGZ' + R & ZG & R \\ & GZ' & G & \emptyset \\ & R & \emptyset & R \end{bmatrix} \right)$$

em que: 0 é um vetor nulo; \emptyset é uma matriz nula; $G = A\sigma_a^2$ sendo A uma matriz que indica o grau de associação genética entre os indivíduos (matriz de parentesco genético) e σ_a^2 a variância genética aditiva direta e $R = I\sigma_e^2$ sendo I uma matriz identidade e σ_e^2 a variância residual.

Na representação hierárquica do modelo bi-características, com base no modelo geral, é assumido que:

$$\begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} \sim MNV \left(\begin{bmatrix} X\beta \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} ZAZ' \otimes G + R \otimes I & G \otimes ZA & R \otimes I \\ & AZ' \otimes G & G \otimes A & 0 \\ & R \otimes I & 0 & R \otimes I \end{bmatrix} \right)$$

em que: G é a matriz de (co)variâncias genética aditiva direta, R é a matriz diagonal residual e \otimes denota o produto direto entre as matrizes.

O ECC de vacas e os escores visuais ao sobreano (CS, PS, MS e US) foram analisados utilizando o seguinte modelo animal de limiar:

$$f(w_i | y_i) = \prod_{j=1}^{n_i} \mathbb{1}(l_{ij} < t_1) \mathbb{1}(w_{ij} = 1) + \mathbb{1}(t_1 < l_{ij} < t_2) \mathbb{1}(w_{ij} = 2) + \mathbb{1}(t_2 < l_{ij} < t_3) \mathbb{1}(w_{ij} = 3) \\ + \mathbb{1}(t_3 < l_{ij} < t_4) \mathbb{1}(w_{ij} = 4) + \mathbb{1}(t_4 < l_{ij}) \mathbb{1}(w_{ij} = 5)$$

em que, para cada característica i ($i = 1, 2, 3, 4$ ou 5), w_{ij} e l_{ij} são variáveis categóricas e escala subjacente da observação j , respectivamente; t_1 a t_4 são os limiares que definem a resposta categórica para cada característica e n_i representa o número total de dados para cada característica estudada. Foi definida distribuição inicial uniforme para os limiares.

5.2.7 Critérios de Convergência

Foram geradas cadeias de Gibbs de 600.000 iterações, com descarte inicial de 200.000 voltas (*burn-in*) e retirando-se uma amostra a cada 20 iterações. Para testar a convergência das cadeias, as estimativas foram analisadas pelos seguintes procedimentos: diagnóstico de convergência de Geweke (1992), onde se comparou os valores iniciais da cadeia de Markov com os valores finais desta cadeia, com o objetivo de verificar falhas de convergência; Heidelberger & Welch (1983), que testou a hipótese nula de estacionabilidade da amostra gerada, sendo que, quando houve sinais de não-estacionabilidade ocorreu à repetição do teste após a eliminação dos 10% iniciais das iterações e, também, pelo método visual, pelo qual verificou-se a convergência das cadeias através da tendência e das áreas de densidade da distribuição das cadeias. Todos estes procedimentos estão presentes no pacote BOA do programa estatístico R (SMITH, 2005). Considerou-se todos os n valores das variâncias, herdabilidades e correlações, em ordem crescente presente na amostra *a posteriori*, descartando os $(\alpha/2)\%$ menores e os $(\alpha/2)\%$ maiores, sendo $\alpha = 0,05$, obtendo-se, deste modo, os intervalos de credibilidade (IC-95%) para todos os parâmetros.

5.2.8 Respostas direta e correlacionada

As respostas da seleção direta para PA, AA e ECC, bem como as respostas correlacionadas para essas características, quando a ênfase na seleção é dada para aumento do PES, melhora dos escores de avaliação visual (CS, PS, MS e US) e qualidade de carcaça (AOL e EGS) foram obtidas pelas fórmulas apresentadas por Falconer e Mackay (1996), considerando-se a seleção de 5% dos melhores machos e 80% das melhores fêmeas (equivalente a intensidades de seleção de 2,06 e 0,35, respectivamente).

5.3 Resultados

Todas as variáveis consideradas nos GC para PA e AA, incluindo o escore de condição corporal ($P < 0,001$ para PA; $P = 0,03$ para AA), apresentaram efeito significativo (resultados não mostrados). Ao comparar as duas definições de GC para as características de tamanho adulto, as médias *a posteriori* das variâncias genéticas aditivas diretas e residuais para o PA apresentaram maiores valores quando o escore de condição corporal não foi considerado no GC (Tabela 2). Um valor de herdabilidade de maior magnitude para o PA foi estimado com a utilização do GC1 ($0,45 \pm 0,02$) em relação ao GC2 ($0,39 \pm 0,02$). Por outro lado, não foram observadas diferenças nas médias *a posteriori* das variâncias genética aditiva direta e residual e, conseqüentemente, na herdabilidade estimada para AA com a utilização do GC1 ou GC2.

Tabela 2. Valores médios, desvios padrão (DP) e intervalos de credibilidade de 95% (IC) das variâncias genética aditiva direta e residual e herdabilidades para o peso e altura adulta, considerando duas definições de grupos de contemporâneos¹.

	Variâncias genética aditiva direta		Variâncias residual		Herdabilidades	
	GC1	GC2	GC1	GC2	GC1	GC2
Peso adulto						
Média	618,33	632,06	750,55	979,54	0,45	0,39
DP	30,55	34,77	24,11	28,14	0,02	0,02
IC	568,60 - 668,90	574,60-689,10	711,00 - 790,10	933,50 - 1026,00	0,42 - 0,48	0,36 - 0,42
Altura adulta						
Média	5,85	5,90	11,02	11,14	0,35	0,35
DP	0,36	0,36	0,30	0,30	0,20	0,20
IC	5,26 - 6,45	5,32 - 6,51	0,53 - 11,52	10,65 - 11,64	0,31 - 0,38	0,31 - 0,38

¹GC1: incluindo o escore de condição corporal; GC2: sem a inclusão do escore de condição corporal.

As correlações de classificação entre os valores genéticos preditos, utilizando GC1 e GC2, foram de 0,93 e 0,99, para vacas com medidas de PA e AA, respectivamente. Ao considerar diferentes intensidades de seleção de touros (5, 10, 50 e 100%), as correlações de classificação foram de 0,60; 0,71; 0,80 e 0,92 para PA e de 0,90; 0,92; 0,95 e 0,98 para AA, respectivamente.

Ao testar a habilidade dos dois modelos bayesianos na estimação de parâmetros e predição de valores genéticos para o ECC, as médias *a posteriori* das variâncias genéticas aditivas diretas e residuais apresentaram maiores valores com a utilização do modelo de linear em relação ao de limiar (Tabela 3). Entretanto, foi estimada herdabilidade para o ECC de magnitude levemente inferior utilizando-se o modelo de linear ($0,14 \pm 0,02$) em comparação ao modelo de limiar ($0,16 \pm 0,05$). O modelo de limiar demandou maior tempo de análise (aproximadamente três horas a mais) em relação ao modelo de linear.

As correlações de classificação entre os valores genéticos preditos com os modelos de linear e limiar foram de 0,95 e 0,93, ao considerar somente vacas com medidas de ECC (13.498 animais) e pais de vacas com medidas (924 touros), respectivamente.

Tabela 3. Valores médios, desvio padrão (DP) e intervalos de credibilidade de 95% (IC) das variâncias genética aditiva direta e residual e herdabilidade para o escore de condição corporal de vacas da raça Nelore, utilizando modelos de linear e limiar.

	Variâncias				Herdabilidades	
	Genética aditiva direta		Residual		Linear	Limiar
	Linear	Limiar	Linear	Limiar		
Média	0,079	0,005	0,482	0,026	0,140	0,163
DP	0,011	0,001	0,011	0,013	0,019	0,045
IC	0,059 - 0,102	0,003 - 0,007	0,460 - 0,503	0,016 - 0,062	0,105 - 0,179	0,075 - 0,253

As características obtidas ao sobreano apresentaram valores de herdabilidades médios variando de baixas a moderadas magnitudes: $0,44 \pm 0,01$ (PES); $0,30 \pm 0,07$ (CS); $0,33 \pm 0,08$ (PS); $0,31 \pm 0,07$ (MS); $0,42 \pm 0,03$ (US); $0,21 \pm 0,03$ (AOL) e $0,10 \pm 0,02$ (EGS) (Figura 2).

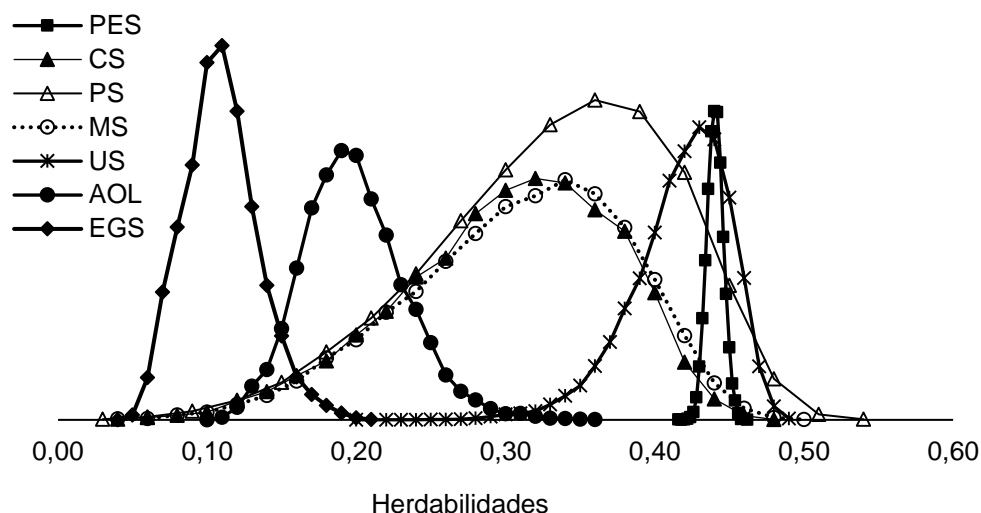


Figura 2. Distribuição das herdabilidades obtidas para o peso (PES), escores visuais de conformação (CS), precocidade (PS), musculatura (MS) e umbigo (US), área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS), avaliados ao sobreano na raça Nelore.

O PA apresentou-se associado geneticamente de maneira positiva com a maioria das características avaliadas ao sobreano, mas com maior magnitude com o PES ($0,84 \pm 0,01$) e CS ($0,66 \pm 0,03$) em comparação a PS ($0,25 \pm 0,03$), MS ($0,20 \pm 0,02$) e US ($0,18 \pm 0,03$) (Tabela 4). De modo semelhante, a AA está associada geneticamente de maneira positiva e de maior magnitude com as características PES ($0,64 \pm 0,02$) e CS ($0,54 \pm 0,03$) em relação a US ($0,18 \pm 0,03$). Por outro lado, correlações genéticas negativas e de baixa magnitude foram estimadas entre AA com PS ($-0,08 \pm 0,03$) e MS ($-0,14 \pm 0,03$).

As correlações genéticas estimadas entre as características de tamanho adulto com as indicadores de qualidade da carcaça (Tabela 4) foram negativas, variando de baixas a moderadas magnitudes. A AOL apresentou maior associação genética com AA ($-0,26 \pm 0,11$) em comparação ao PA ($-0,12 \pm 0,12$). Por outro lado, a EGS apresentou maior associação genética com o PA ($-0,34 \pm 0,12$) em relação a AA ($-0,20 \pm 0,13$).

Na população estudada, o ECC de vacas está geneticamente associado positivamente com todas as características avaliadas ao sobreano, mas com maior magnitude com a PS ($0,61 \pm 0,06$) e MS ($0,60 \pm 0,07$). Com as características de carcaça (AOL e EGS), as correlações genéticas apresentaram-se positivas e moderadas, com valores médios de $0,38 \pm 0,12$ e $0,32 \pm 0,14$, respectivamente (Tabela 4).

Em geral, as correlações fenotípicas (Tabela 4) estimadas entre as características estudadas apresentaram magnitudes baixas e praticamente nulas, com exceção das correlações obtidas entre o PA com o PES e CS ($0,57\pm 0,01$ e $0,33\pm 0,02$, respectivamente) e entre a AA com o PES e CS ($0,37\pm 0,01$ e $0,24\pm 0,01$, respectivamente), que apresentaram magnitudes moderadas.

Tabela 4. Valores médios e intervalos de credibilidade [IC-95%] das correlações genéticas e fenotípicas estimadas entre as características obtidas em vacas com as medidas avaliadas ao sobreano na raça Nelore.

	Peso adulto	Altura adulta	Escore de condição corporal
	Correlações genéticas		
PES	0,84 [0,82 a 0,86]	0,64 [0,60 a 0,67]	0,24 [0,14 a 0,34]
CS	0,66 [0,61 a 0,71]	0,54 [0,48 a 0,50]	0,25 [0,14 a 0,37]
PS	0,25 [0,21 a 0,29]	-0,08 [-0,13 a -0,04]	0,61 [0,49 a 0,72]
MS	0,20 [0,16 a 0,24]	-0,14 [-0,18 a -0,09]	0,60 [0,47 a 0,71]
US	0,18 [0,14 a 0,22]	0,18 [0,13 a 0,22]	0,06 [-0,04 a 0,15]
AOL	-0,12 [-0,32 a 0,07]	-0,26 [-0,44 a -0,09]	0,38 [0,18 a 0,57]
EGS	-0,34 [-0,52 a -0,13]	-0,20 [-0,41 a 0,01]	0,32 [0,08 a 0,52]
	Correlações fenotípicas		
PES	0,57 [0,56 a 0,58]	0,37 [0,35 a 0,38]	0,16 [0,14 a 0,19]
CS	0,33 [0,30 a 0,36]	0,24 [0,21 a 0,26]	0,13 [0,10 a 0,15]
PS	0,17 [0,15 a 0,19]	0,02 [0,00 a 0,04]	0,18 [0,15 a 0,21]
MS	0,15 [0,13 a 0,17]	0,00 [-0,01 a 0,02]	0,17 [0,14 a 0,20]
US	0,06 [0,05 a 0,08]	0,05 [0,04 a 0,07]	0,02 [0,01 a 0,04]
AOL	0,11 [0,04 a 0,19]	-0,11 [-0,19 a -0,03]	0,13 [0,03 a 0,24]
EGS	-0,07 [-0,13 a 0,02]	-0,03 [-0,08 a 0,03]	0,09 [0,03 a 0,17]

PES: peso ao sobreano; CS: conformação ao sobreano; PS: precocidade ao sobreano; MS: musculatura ao sobreano; US: umbigo ao sobreano; AOL: área de olho de lombo ao sobreano; EGS: espessura de gordura subcutânea ao sobreano.

A seleção baseada em valores genéticos preditos para o PA, AA e ECC deve promover aumento de 4,91%; 1,24% e 4,72% por geração, respectivamente, da média fenotípica observada para cada característica (Tabela 5). Ao considerar a seleção baseada em características mensuradas ao sobreano, como para maiores valores genéticos para o PES, são esperados aumentos de 4,08%; 0,90% e 1,89% na média fenotípica do PA, AA e ECC por geração, devido a resposta correlacionada. Em relação aos escores visuais avaliados ao sobreano, maiores alterações nas médias fenotípicas de medidas obtidas em fêmeas devem ocorrer no PA, quando a seleção for baseada na CS, e no ECC, quando a PS e MS forem utilizadas como critérios de seleção. A redução do US, com objetivo de evitar problemas reprodutivos em machos, deve promover uma leve diminuição no PA, AA e ECC (Tabela 5). A seleção de animais para maior AOL e EGS deve promover uma diminuição do PA e AA, como resposta correlacionada. Em

relação ao ECC, a escolha de animais com maiores valores genéticos para AOL e EGS, deve melhorar a condição corporal das vacas (Tabela 5).

Tabela 5. Respostas diretas a seleção para o peso adulto (PA), altura adulta (AA) e escore de condição corporal (ECC) de vacas, respostas correlacionadas e ganhos genéticos por geração (G_{ag}) para as mesmas características, considerando a seleção aplicada em medidas obtidas ao sobreano.

	PA (kg)	G_{ag} PA (%)	AA (kg)	G_{ag} AA (%)	ECC (1 a 5)	G_{ag} ECC (%)
	Respostas diretas (por geração)					
	20,15	4,91	1,75	1,24	0,15	4,72
Seleção para:	Respostas correlacionadas (por geração)					
PES	16,73	4,08	1,26	0,90	0,06	1,89
CS	10,86	2,65	0,87	0,62	0,05	1,57
PS	4,31	1,05	-0,14	-0,10	0,13	4,09
MS	3,35	0,82	-0,23	-0,16	0,12	3,77
US	3,50	0,85	0,35	0,25	0,01	0,32
AOL	-1,65	-0,40	-0,35	-0,25	0,06	1,89
EGS	-3,23	-0,79	-0,19	-0,14	0,04	1,16

PES: peso ao sobreano; CS: conformação ao sobreano; PS: precocidade ao sobreano; MS: musculatura ao sobreano; US: umbigo ao sobreano; AOL: área de olho de lombo ao sobreano; EGS: espessura de gordura subcutânea ao sobreano.

5.4 Discussão

Ao comparar as duas definições de GC para as características PA e AA (Tabela 2), os resultados do presente estudo indicam que o escore de condição corporal influencia os parâmetros genéticos estimados somente para a característica PA, concordando com as observações de Mercadante et al. (2006), os quais verificaram variação significativa no peso adulto de animais com o aumento do escore de condição corporal, não observando tal variação para a característica altura da vaca, em rebanhos da raça Nelore.

As magnitudes das herdabilidades estimadas para as mensurações de tamanho adulto de fêmeas indicam que o peso e a altura são características influenciadas por genes de efeito aditivo e devem responder a seleção ao longo das gerações. Considerando que o tamanho adulto está diretamente associado ao custo de manutenção dos animais (JENKINS e FERREL, 1994), a utilização do peso e da altura de matrizes como critérios de seleção pode evitar que os animais atinjam tamanhos indesejáveis. De acordo com Ritchie (1995), é necessária a obtenção de biótipos adaptados aos diferentes sistemas de produção de bovinos de corte, sendo preferíveis animais de porte mediano em sistemas de produção onde há escassez de alimentos, como acontece em sistemas de produção exclusivamente a pasto. Em geral, os valores de herdabilidades para o peso adulto apresentaram-se semelhantes aos estimados para a raça Nelore por Pedrosa et al. (2010), Boligon et al. (2011), Regatieri et al. (2012), Boligon et al. (2014) e Silveira et al. (2015), os quais não incluíram o escore de condição corporal na definição de grupo de contemporâneos. Os valores de herdabilidade estimados para a característica AA também foram semelhantes aos resultados relatados por Boligon et al. (2013) e Silveira et al. (2015), não considerando o escore de condição corporal na definição do grupo de contemporâneos.

Nos rebanhos estudados, a incorporação do escore de condição corporal nos grupos de contemporâneos deve causar pequenas alterações na classificação de vacas com medidas de PA, uma vez que as correlações de classificações foram de 0,93. Por outro lado, mudanças na classificação dos touros para PA são esperadas, principalmente quando aplicada maior intensidade de seleção (variando de 0,60 a 0,92). Associações de altas magnitudes (variando de 0,90 a 0,98) foram obtidas entre os valores genéticos

preditos para AA com a incorporação ou não do escore de condição corporal no grupo de contemporâneos, indicando que não deve haver alterações de classificação dos animais (vacas com medidas e touros) com a inclusão ou não do escore de condição corporal em avaliações genéticas para AA na raça Nelore.

Ao testar a habilidade dos dois modelos bayesianos (linear e de limiar) na estimação de parâmetros e predição de valores genéticos para o ECC, não foram encontradas diferenças importantes ao comparar a utilização desses dois modelos (Tabela 3). Resultados semelhantes foram relatados por outros autores ao analisarem diferentes características categóricas (morfológicas) avaliadas através de escores visuais (FARIA et al., 2008; FARIA et al., 2009; FARIA et al., 2010; PIRES et al., 2010). Cabe destacar que, em geral, a pequena diferença obtida no presente estudo entre os parâmetros estimados para o ECC ao comparar os modelos avaliados pode ser explicada pelo fato do escore ser atribuído a cada vaca individualmente, em relação ao grupo de contemporâneos ao qual a mesma pertence, por técnicos treinados, fazendo com que a distribuição fenotípica da medida se aproxime de uma distribuição normal (Figura 1). Entretanto, cabe destacar que o modelo de limiar apresentou maior tempo de análise em relação ao modelo de linear, podendo estar associado à maior demanda computacional exigida, semelhante a outros relatos encontrados na literatura ao analisarem outros tipos de características categóricas (MARCONDES et al., 2005; FARIA et al., 2008; PIRES et al., 2010).

Os resultados do presente estudo indicam que o escore de condição corporal apresenta variabilidade genética (Tabela 3), sugerindo que a característica pode ser utilizada como um dos critérios de seleção de matrizes de corte, mas que o progresso genético poderá ser reduzido devido à sua expressão e mensuração tardia. As herdabilidades estimadas no presente trabalho apresentaram menores magnitudes em relação aos valores de $0,21 \pm 0,03$ e $0,23 \pm 0,05$ relatados por Mercadante et al (2006) e Silveira et al (2015), respectivamente, ao analisarem dados de condição corporal de vacas da raça Nelore, criadas em condições extensivas.

Apesar da utilização do modelo de limiar proporcionar a obtenção de um maior valor de herdabilidade para o ECC, os resultados das correlações de classificação sugerem que, em geral, os mesmos reprodutores seriam selecionados, independente do modelo utilizado. Dessa forma, ambos os modelos podem ser aplicados em avaliações genéticas para o escore de condição corporal de vacas nos rebanhos estudados.

A característica PES (Figura 2) apresentou herdabilidade superior aos valores reportados por Koury Filho et al. (2010), Pedrosa et al. (2010), Gordo et al. (2012) e Regatieri et al. (2012), os quais variaram de 0,36 a 0,38, em outros estudos com a raça Nelore. Esse fato pode estar associado ao maior número de animais com medidas de PES (332.189 dados) utilizados no presente estudo, o que pode ter contribuído para o aumento da variabilidade genética estimada e, por consequência, em herdabilidade superior.

As herdabilidades estimadas para os escores visuais de CS, PS e MS (Figura 2) foram semelhantes aos valores relatados por Faria et al. (2010), Koury Filho et al. (2010), Boligon et al. (2011), Gordo et al. (2012) e Boligon et al. (2014), porém de maiores magnitudes em relação aos obtidos por Pedrosa et al. (2010), sendo de 0,23; 0,19 e 0,22 para conformação, precocidade e musculatura, respectivamente. Cabe destacar que, as diferenças nas herdabilidades dos escores visuais podem ser atribuídas às variações entre observadores, as diferenças genéticas entre as populações, ou mesmo ao sistema de avaliação visual, que varia entre os programas de melhoramento. As pontuações podem ser atribuídas por um único observador ou a partir de um consenso entre três avaliadores, as quais podem variar de um a seis, um a nove ou mesmo de um a cinco, sendo essa última utilizada pela maioria dos programas de melhoramento desenvolvidos no Brasil.

Para a característica US, a herdabilidade estimada apresentou-se similar ao valor de $0,38 \pm 0,06$ reportado por Gordo et al. (2012) para a raça Nelore. Por outro lado, menor estimativa de herdabilidade (0,27) foi obtida por Bignardi et al. (2011), ao analisarem informações de animais da raça Nelore. Em geral, os resultados indicam que a contribuição da variância genética aditiva em medidas corporais é suficiente para promover ganho genético por seleção, e que o umbigo ao sobreano deve responder mais rapidamente a seleção em relação aos demais escores analisados (CS, PS e MS).

Nos rebanhos estudados, a AOL deve responder à seleção mais rapidamente quando comparada à EGS (Figura 2). Para animais da raça Nelore e considerando um maior número de dados, Gordo et al. (2012) e Caetano et al. (2013) relataram valores de herdabilidades superiores para área de olho de lombo ($0,33 \pm 0,03$ e $0,34 \pm 0,03$) e espessura de gordura subcutânea ($0,24 \pm 0,02$ e $0,23 \pm 0,02$), respectivamente. Os menores valores de herdabilidades obtidos no presente estudo podem estar associados ao reduzido número de observações, pois apenas duas fazendas apresentavam tais

mensurações, o que pode ter levado a identificação de baixa variabilidade genética. A medida que novas mensurações dessas características forem sendo incorporadas ao banco de dados, esses parâmetros devem ser re-estimados visando confirmar os resultados obtidos.

A correlação genética estimada entre PA e PES (0,84) foi de magnitude superior aos valores relatados por Pedrosa et al. (2010), Regatieri et al. (2012) e Boligon et al. (2014), sendo de 0,70; 0,71 e 0,31, respectivamente. Ao correlacionar geneticamente o PA com os escores visuais avaliados ao sobreano, os resultados encontrados foram semelhantes aos valores de $0,30 \pm 0,04$ e $0,33 \pm 0,01$, para a característica PS, relatados por Boligon et al. (2011) e Regatieri et al. (2011). Esses mesmos autores, por outro lado, relataram correlações genéticas inferiores ($0,34 \pm 0,05$ e $0,30 \pm 0,02$) entre PA e CS, e superiores entre PA e MS ($0,36 \pm 0,04$ e $0,35 \pm 0,02$), respectivamente, como pode ser observado na Tabela 4.

Em geral, os resultados do presente estudo indicam que a seleção baseada exclusivamente em maior PES deve levar a um aumento rápido no peso adulto das matrizes de corte. Ao selecionar animais com base em informações de escores visuais, também é esperado aumento do peso adulto por resposta correlacionada, porém de menor magnitude ao longo das gerações, principalmente quando se utiliza a precocidade, musculatura e umbigo.

As correlações genéticas estimadas entre AA com o PES e CS ($0,64 \pm 0,02$ e $0,54 \pm 0,03$, respectivamente) indicam que a seleção para maior peso e conformação ao sobreano deve levar a aumento da altura adulta das matrizes. As características US, PS e MS apresentaram correlações genéticas de magnitudes baixas com AA ($0,18 \pm 0,03$; $-0,08 \pm 0,03$ e $-0,14 \pm 0,03$, respectivamente), indicando que a seleção de animais considerando tais escores deve promover pequenas mudanças na altura das fêmeas ao longo dos anos. Não foram encontrados na literatura trabalhos associando a altura adulta de fêmeas com características morfológicas obtidas por escores ao sobreano que possam ser comparados.

As correlações genéticas entre o ECC de vacas e as características avaliadas ao sobreano (Tabela 4) indicam que a seleção baseada em maiores pesos e escores visuais de conformação e umbigo deve proporcionar pequena alteração no escore de condição corporal das vacas, uma vez que essas características estão geneticamente associadas de maneira positiva, mas com baixa magnitude. Por outro lado, as correlações genéticas

positivas e de alta magnitude estimadas entre ECC com PS e MS ($0,61\pm 0,06$ e $0,60\pm 0,07$, respectivamente) indicam a possibilidade de mudanças importantes na condição corporal das matrizes por resposta correlacionada. Não foram encontrados na literatura outros estudos que possam ser comparados associando geneticamente tais características.

A AOL apresentou maior associação genética com a AA ($-0,26\pm 0,11$) em comparação ao PA ($-0,12\pm 0,12$), indicando que a seleção de reprodutores baseada na produção de filhas de estatura mediana na maturidade, avaliada principalmente pela altura adulta, poderia auxiliar na obtenção de animais com melhor desenvolvimento muscular ao sobreano. Diferente do presente estudo, Caetano et al. (2013) estimaram correlação genética positiva entre o peso adulto de vacas e a área de olho de lombo ao sobreano ($0,32\pm 0,09$). Não foram encontrados na literatura outros trabalhos associando a altura de fêmeas com medidas de qualidade da carcaça obtidas por ultrassom.

A EGS apresentou maior associação genética com o PA ($-0,34\pm 0,12$) quando comparado com a AA ($-0,20\pm 0,13$), indicando que a utilização da espessura de gordura subcutânea, medida ao sobreano, como critério de seleção deve levar, ao longo de várias gerações, a redução do tamanho adulto das fêmeas. É importante salientar que, apesar do custo associado à obtenção de características avaliadas por ultrassonografia ser relativamente baixo, produtores de rebanhos bovinos criados em condições extensivas e com grande número de animais, ainda apresentam-se relutantes em realizar tais avaliações, limitando a seleção direta para a área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea. Para animais da raça Nelore, Caetano et al. (2013) relataram correlação genética positiva ($0,19\pm 0,10$) entre o peso adulto de fêmeas e a espessura de gordura subcutânea. Não foram encontrados outros estudos na literatura que possam ser comparados.

Segundo Fitzhugh (1976), o crescimento dos animais pode ser representado por meio de uma curva sigmoide, composta por quatro fases principais: a primeira fase, a taxa de crescimento é elevada e positiva, ocorrendo logo após a concepção e indo até a puberdade, chegando ao máximo no ponto de inflexão da curva. Após a puberdade, inicia-se a fase de crescimento desacelerado, em que uma série de fatores inibem a taxa de crescimento, embora o animal não deixe de crescer. Depois dessa fase regressiva, o animal atinge a fase de maturidade fisiológica, em que a curva atinge o platô, tendo o crescimento muito lento ou praticamente inexistente de outros tecidos (HOSSNER, 2005). As curvas de crescimento de músculo e osso nos animais apresentam velocidade de

crescimento proporcional na carcaça, enquanto que o desenvolvimento do tecido adiposo apresentaria comportamento inverso, aumentando com a maturidade, onde animais com pesos mais elevados à maturidade, atingiriam acabamento de carcaça mais tardio em comparação a animais de porte menor (ALMEIDA et al, 2001).

Os resultados do presente estudo mostram que o ECC de vacas está geneticamente associado com a AOL e EGS (Tabela 4), indicando que a seleção de vacas com melhores condições corporais, baseada em valores genéticos para tal score, deve resultar em alterações nas características de carcaça obtidas ao sobreano. Considerando que a condição corporal é uma medida subjetiva baseada na classificação dos animais em função da cobertura muscular e quantidade de gordura, associações entre tais características eram esperadas. Entretanto, a magnitude dessa associação era desconhecida uma vez que não foram encontrados na literatura consultada relatos de correlações genéticas obtidas entre o ECC de vacas e características relacionadas à qualidade da carcaça.

As correlações fenotípicas estimadas entre as características PA e AA com PS, MS, US, AOL e EGS foram de baixas magnitudes ou praticamente nulas (Tabela 4), o que sugere que o tamanho das fêmeas não é um bom indicador das medidas avaliadas através de escores visuais e características de qualidade de carcaça obtidas ao sobreano. Por outro lado, o PA e AA apresentaram correlações fenotípicas de magnitudes moderadas com o PES e CS, indicando que essas medidas podem ser consideradas como indicadoras do tamanho adulto das fêmeas. Ao considerar o ECC, todas as correlações fenotípicas obtidas foram praticamente nulas, sugerindo que nenhuma das características avaliadas ao sobreano (PES, CS, PS, MS, US, AOL e EGS) poderia ser utilizada como medida indicadora da condição corporal das vacas na idade adulta.

Os ganhos genéticos diretos devem ser superiores ao considerar o PA (4,91%) e ECC (4,72%) como critérios de seleção de fêmeas, em comparação a AA (1,24%). A busca por animais com maiores PES, deve promover o aumento do tamanho das vacas, com maior ganho genético no PA (20,15kg/geração), comparado às respostas correlacionadas apresentadas para AA (1,75kg/geração) e ECC (0,15 pontos/geração). De modo semelhante, ao selecionar os animais com maiores valores genéticos para a CS deve haver um maior aumento na média fenotípica do PA em comparação a AA e ECC. Por outro lado, com a seleção para maior PS e MS, maiores respostas correlacionadas devem acontecer no ECC. A redução do US, a fim de evitar problemas e melhorar o

desempenho reprodutivo de machos, deve promover uma leve diminuição no PA, AA e ECC (Tabela 5).

A seleção de animais para maiores valores genéticos para AOL e EGS deve promover uma diminuição do tamanho adulto das fêmeas (PA e AA) e, ao mesmo tempo, melhorias no ECC (Tabela 5). De maneira geral, os resultados demonstram que a seleção de animais mais pesados ao sobreano e com maior precocidade e desenvolvimento muscular para o abate, representada pelos escores de CS, PS e MS, deve ocasionar aumento do tamanho adulto das vacas, com maiores alterações esperadas para o PA em relação a AA. Por outro lado, esse tipo de seleção deve melhorar a condição corporal das vacas, refletindo em suas reservas energéticas. A diminuição do tamanho do prepúcio e a melhoria da qualidade da carcaça, por sua vez, devem contribuir com a diminuição do tamanho das fêmeas adultas, o que pode ser considerado positivo em determinados sistemas de criação.

5.5 Conclusões

A incorporação do escore de condição corporal nos grupos de contemporâneos influenciou as herdabilidades estimadas somente para o peso adulto, afetando a classificação dos touros.

Os modelos linear e de limiar proporcionaram estimativas de herdabilidades praticamente iguais para o escore de condição corporal. A classificação dos reprodutores, para tal característica, também não foi afetada, podendo-se utilizar tanto o modelo linear quanto o de limiar.

A utilização da altura e/ou peso adulto como um dos critérios de seleção deve ser eficaz para alterar o tamanho das vacas. Por outro lado, o escore de condição corporal deve responder lentamente a seleção.

A seleção baseada em maior peso ao sobreano deve levar a um aumento rápido no peso e na altura adulta, porém não são esperadas alterações importantes no escore de condição corporal das matrizes de corte.

Os escores visuais de conformação avaliados ao sobreano, quando utilizados como critério de seleção de animais, devem promover o aumento, ao longo das gerações, do peso e da altura adulta das fêmeas. De modo semelhante, também são esperadas melhoras na condição corporal das fêmeas, ao selecionar animais através dos escores visuais de precocidade e musculatura ao sobreano.

A seleção de animais com carcaça de melhor qualidade ao sobreano, avaliada pela área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea, deve levar ao longo das gerações a uma diminuição do tamanho adulto das progênies e melhorias no escore de condição corporal das vacas.

6. CAPÍTULO II

Associações genéticas entre tamanho adulto e condição corporal com características reprodutivas na raça Nelore

6.1 Introdução

As características reprodutivas são consideradas as mais importantes do ponto de vista econômico e no que se refere à eficiência de um rebanho bovino, determinando o número de animais a ser enviado ao mercado e também por estabelecer o intervalo de gerações e, assim, a intensidade de seleção aplicada aos rebanhos. Atualmente, alguns programas de melhoramento genético para a raça Nelore como, por exemplo, ANCP/PMGRN (2015), ABCZ/PMGZ (2015) CFM (2015), Aliança Nelore (2015) e Conexão Delta G (2015), já disponibilizam predições de valores genéticos para algumas das principais características reprodutivas, como é o caso do perímetro escrotal, idade ao primeiro parto, intervalo de partos, duração da gestação e stayability. Além disso, características reprodutivas medidas diretamente em fêmeas como, por exemplo, a idade ao primeiro parto e a duração da gestação, já fazem parte de índices de seleção de alguns programas de avaliação genética (ANCP/PMGRN, 2015).

O perímetro escrotal é uma característica amplamente utilizada como indicadora de precocidade sexual e desempenho reprodutivo de machos (YOKOO et al, 2007; DIAS et al., 2008; BOLIGON et al, 2010a). Além disso, em rebanhos criados em condições extensivas, devido às informações limitadas de características medidas diretamente nas fêmeas, o perímetro escrotal tem sido incluído nos índices de seleção na tentativa de se obter resposta correlacionada para o desempenho reprodutivo das matrizes de corte (CASTRO-PEREIRA et al., 2007; VAN MELIS et al., 2010; SANTANA et al., 2015; TERAKADO et al., 2015). De acordo com Santana et al. (2015), o perímetro escrotal poderia ser um bom indicador da fertilidade das fêmeas para características avaliadas em idades jovens como, por exemplo, a idade ao primeiro parto e prenhes precoce, no entanto, para características reprodutivas avaliadas em idades mais avançadas da fêmea, como a stayability, o perímetro escrotal é apenas um indicador moderado ou ruim. Terakado et al. (2015), ao avaliarem a influência do perímetro escrotal (mensurado aos 12, 15 e 18 meses de idade) no desempenho reprodutivo de fêmeas, também indicaram que a seleção de machos para maior perímetro escrotal avaliado aos 12 meses de idade

deve ser mais eficiente, resultando em maiores taxas de prenhez da novilha e menor idade ao primeiro parto.

A respeito das características reprodutivas mensuradas diretamente em fêmeas, a idade ao primeiro parto é a mais utilizada para referenciar a precocidade sexual, com a vantagem prática de ser facilmente obtida. Por outro lado, a duração de uma gestação, apesar de apresentar pequena variação, pode refletir economicamente na pecuária de corte, uma vez que o menor período de gestação permite às fêmeas um maior tempo de recuperação e, conseqüentemente, aumento na possibilidade de apresentarem cio na estação de acasalamento subsequente, proporcionando melhores taxas de concepção ao rebanho (CHUD et al., 2014). Outra característica utilizada como indicadora de eficiência reprodutiva das fêmeas é o intervalo de partos, medida através do tempo decorrido entre duas gestações consecutivas. Considerando o tempo fisiológico da gestação de uma fêmea bovina, aproximadamente 270 dias, a eficiência reprodutiva seria alcançada ao atingir o intervalo de partos de 365 dias, ou seja, um bezerro ao ano (YAGÜE et al., 2009). A característica dias para o parto reflete a variabilidade genética das fêmeas em apresentar atividade de estro durante a estação de monta, número de serviços requeridos para a prenhez, duração da gestação e data do parto. Permite ainda a identificação dos animais com maior fertilidade dentro do rebanho, das fêmeas que emprenham mais precocemente dentro da estação de monta e dos touros que produzem filhas que emprenham mais cedo dentro da estação de monta (FORNI & ALBUQUERQUE, 2005).

Para animais *Bos indicus*, em geral são relatadas herdabilidades de baixas magnitudes para diferentes características reprodutivas medidas em fêmeas (MUCARI et al., 2007; BOLIGON et al., 2008; YAGÜE et al., 2009; REGATIERI et al., 2012; CAETANO et al., 2013; RÍOS-UTRERA et al., 2013; SILVEIRA et al., 2015). De acordo com Goyache e Gutiérrez (2001), baixas herdabilidades para esse tipo de mensurações se devem a quatro principais motivos: número limitado de animais avaliados, forte influência do manejo na propriedade, necessidade de definir melhor os efeitos fixos e a utilização de modelos que não explicam adequadamente a estrutura da população estudada. Entretanto, a seleção direta para melhorias na precocidade sexual e fertilidade de fêmeas, em programas de avaliação genética, deve contribuir para o aumento na produtividade dos rebanhos.

O tamanho das matrizes pode influenciar a eficiência reprodutiva do rebanho. Em geral, vacas de maior porte produzem bezerras mais pesadas na desmama devido, em parte, a maior produção de leite, o que as torna mais exigentes nutricionalmente (RIBEIRO et al., 2001). Nesse caso, quando as fontes de alimentação são limitadas, as reservas corporais podem ser utilizadas para cobrir requerimentos nutricionais de manutenção e lactação, sobretudo, em vacas primíparas, em que o fenômeno é mais acentuado em razão das maiores necessidades nutricionais, uma vez que ainda se encontram em fase de crescimento, prolongando o anestro após o parto (ROVIRA, 1996; MELLO et al., 2006). Dessa forma, em ambientes com recursos alimentares limitados são indicados animais mais rústicos e de tamanho mediano (MONTAÑO-BERMUDEZ & NIELSEN, 1990; JENKINS & FERREL, 1994; RITCHIE, 1995).

Além do tamanho das matrizes, nos últimos anos a atribuição visual de escore para a condição corporal de fêmeas está sendo utilizada para avaliar a sua composição corporal e o balanço energético. A influência da condição corporal de fêmeas se dá basicamente na produção e reprodução, afetando o peso à desmama das progênie e a capacidade da vaca emprenhar nas próximas estações de acasalamento (SANTOS et al., 2009). A reprodução pode ser comprometida pelo balanço energético negativo, de modo que a condição corporal no momento do parto está associada a proporção de vacas que apresentam o cio antes do tempo previsto na próxima estação de monta (ROCHE et al., 2007). Segundo Grecellé et al. (2006), anestros prolongados no pós-parto foram observados em vacas Nelore x Hereford com baixos escores de condição corporal ao final da gestação e início da lactação, ocasionando o aparecimento tardio do cio, aumentando o intervalo de partos e reduzindo a taxa de prenhez, o que pode ser agravado nas estações de acasalamento de curta duração. De acordo com Santos et al. (2009), escores de condição corporal baixos podem afetar negativamente a taxa de concepção da vaca, principalmente na primeira inseminação do período reprodutivo.

Apesar da importância do tamanho e da condição corporal das matrizes em gado de corte, poucos estudos relacionam geneticamente o peso e o escore de condição corporal de vacas com as características indicadoras de precocidade e eficiência reprodutiva de machos e fêmeas. A maioria dos trabalhos disponíveis na literatura avaliou a influência do peso ao primeiro parto ou peso adulto com a idade ao primeiro parto da fêmea, relatando associações genéticas baixas (MELLO et al., 2006; BOLIGON et al., 2010a; BOLIGON et al., 2012; REGATIERI et al., 2012; CAETANO et al., 2013; MELLO

et al., 2013). De modo semelhante, foram estimadas correlações genéticas de baixas magnitudes entre o escore de condição corporal das vacas com características reprodutivas de idade ao primeiro parto (BALDI et al., 2008), duração da gestação (SILVEIRA et al., 2015) e dias para o parto (MERCADANTE et al., 2006). Por outro lado, não foram encontrados trabalhos relacionando a altura adulta de vacas com as características reprodutivas avaliadas em machos e fêmeas.

O presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de se estimar parâmetros e correlações entre o tamanho adulto (altura e peso) e o escore de condição corporal de fêmeas com características reprodutivas (perímetro escrotal, idade ao primeiro parto, duração da gestação, dias para o parto e intervalo de partos) em animais da raça Nelore, visando determinar se alterações no tamanho e na condição corporal das vacas podem afetar o desempenho reprodutivo dos rebanhos.

6.2 Materiais e Métodos

6.2.1 Dados e características

No presente estudo foram utilizadas informações de desempenho produtivo e reprodutivo de bovinos da raça Nelore, participantes do Programa de Melhoramento Genético desenvolvido pela Conexão Delta G. Foram analisadas as seguintes características obtidas em fêmeas: peso adulto (PA), altura adulta (AA), escore de condição corporal (ECC), idade ao primeiro parto (IPP), duração da gestação (DG), intervalo entre partos (IEP) e dias para o parto (DPP). Além dessas, também foi avaliado o perímetro escrotal (PE) ao sobreano.

Nos rebanhos estudados, os animais são mantidos em pastagens tropicais com suplementação mineral e água a vontade. As novilhas são desafiadas a reprodução com idade média de 18 meses. Aproximadamente 40% das fêmeas foram inseminadas artificialmente e, as demais, foram manejadas com monta natural controlada, sendo colocadas aleatoriamente em lotes de 30 a 50 vacas com um único touro. Os bezerros permaneceram com suas mães em pastagens de boa qualidade até, aproximadamente, os sete meses de idade. No manejo adotado, as fêmeas que emprenham no início da estação são favorecidas, pois possuem mais tempo para se recuperar e conceber no início da estação de reprodução subsequente. Atualmente, as vacas que não concebem durante a estação reprodutiva são abatidas.

As características indicadoras de tamanho adulto foram obtidas em fêmeas com idades de 3 a 17 anos. O PA, em kg, foi mensurado com a utilização de balança eletrônica. A AA, em cm, foi avaliada por meio de uma fita métrica, medindo a distância entre a garupa do animal e o solo. O ECC, que se refere às reservas corporais das fêmeas (conteúdo de massa muscular e gordura subcutânea), foi avaliado através da atribuição visual, variando de muito magra a excessivamente gorda, em uma escala de 1 a 5, respectivamente. Nos rebanhos estudados, a atribuição desse escore foi feita em vacas durante o diagnóstico de prenhez, por avaliadores treinados, dentro do grupo de contemporâneo ao qual pertenciam.

As características reprodutivas das fêmeas foram obtidas como segue: IPP: diferença, em dias, entre a data do primeiro parto e a data de nascimento da fêmea; DG: intervalo de dias apresentados da data de inseminação ao nascimento do bezerro; IEP: dias decorridos entre dois partos consecutivos; DPP: intervalo de dias do primeiro dia da estação de monta à data do parto subsequente. Nas análises foram incluídas todas as mensurações de DG, IEP e DPP disponíveis para as vacas avaliadas (medidas repetidas). O PE foi mensurado ao sobreano (400 a 700 dias de idade), utilizando-se uma fita de metal específica no ponto mais largo do escroto, obtendo-se assim a medida de circunferência, em cm.

Para todas as características estudadas, registros de animais pertencentes a grupos de contemporâneos com menos de quatro observações e/ou touros com menos de quatro progênies foram excluídos. Além disso, exceto para o ECC, mensurações inferiores ou superiores a 3,5 desvios padrão da média do grupo de contemporâneo ao qual pertenciam foram eliminados. Para o ECC (característica categórica), grupos contemporâneos sem variabilidade (em que todas as vacas apresentavam o mesmo valor de escore), também foram eliminados. A descrição geral dos dados e o número de repetições das características reprodutivas com medidas repetidas são apresentados na Tabela 6 e Figura 3, respectivamente.

Tabela 6. Estatística descritiva para o peso adulto (PA), altura adulta (AA), escore de condição corporal (ECC), perímetro escrotal (PE), idade ao primeiro parto (IPP), duração da gestação (DG), dias para o parto (DPP) e intervalo de partos (IEP) em animais da raça Nelore.

Descrição	PA (kg)	AA (cm)	ECC (1 a 5)	PE (cm)	IPP (dias)	DG* (dias)	DPP* (dias)	IEP* (dias)
Número de observações	24.502	26.403	13.498	136.099	46.158	194.440	137.624	69.296
Número de animais com medidas	24.502	26.403	13.498	136.099	46.158	115.799	76.593	36.132
Número de touros	1.318	1.466	915	4.836	1.645	1.735	1.724	1.169
Número de vacas	15.447	17.466	9.900	94.946	34.506	44.718	39.060	20.572
Grupos de contemporâneos	719	472	208	6.491	375	879	531	419
Média da característica	410,27	140,83	3,18	26,39	1.073	294,88	322,99	519,66
Desvio padrão	54,28	5,21	0,82	3,65	87,67	5,96	19,55	268,09
% no escore 1	-	-	1,01	-	-	-	-	-
% no escore 2	-	-	15,75	-	-	-	-	-
% no escore 3	-	-	52,66	-	-	-	-	-
% no escore 4	-	-	25,35	-	-	-	-	-
% no escore 5	-	-	5,23	-	-	-	-	-

* características com medidas repetidas

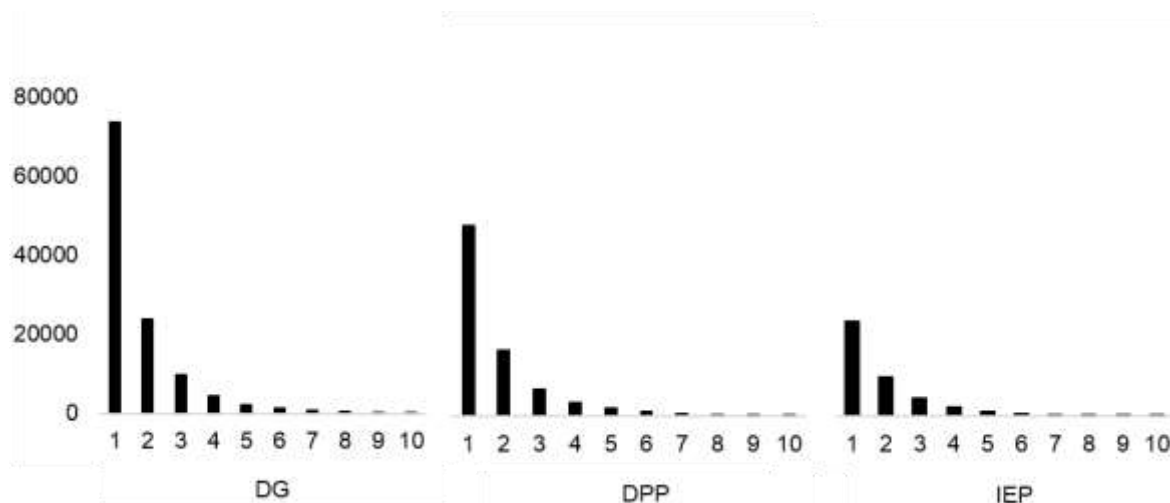


Figura 3. Número de repetições para duração da gestação (DG), dias para o parto (DPP) e intervalos de partos (IEP) em vacas da raça Nelore

6.2.2 Modelos e análises genéticas

Para todas as características estudadas, os modelos incluíram as seguintes definições de grupo de contemporâneos, considerado como efeito sistemático: PA: fazenda, ano e estação da pesagem, grupo de manejo e escore de condição corporal; AA: fazenda, ano, estação da pesagem e grupo de manejo; ECC: fazenda, ano, grupo de manejo e mês da mensuração; IPP, DG e IEP: fazenda, ano, estação de nascimento e sexo do bezerro; DPP: fazenda, ano, estação de nascimento, sexo do bezerro e data em que ocorreu o serviço (data de monta); PE: fazenda, ano e estação de nascimento e o grupo de manejo ao sobreano.

As pesagens foram realizadas em duas estações, outono (abril, maio e junho) e primavera (julho, agosto e setembro). Já as estações de nascimento foram verão (janeiro, fevereiro e março), outono (abril, maio e junho), inverno (julho, agosto e setembro) e primavera (outubro, novembro e dezembro). Além do efeito de grupo de contemporâneo, a idade da fêmea foi incluída como covariável (efeitos linear e quadrático) para todas as características mensuradas diretamente em vacas, com exceção da IPP, em que nenhuma covariável foi considerada. Para o PE foram consideradas as covariáveis (efeitos linear e quadrático) de idade da mãe ao parto e idade do animal na mensuração.

Os componentes de (co)variâncias e parâmetros genéticos foram estimados utilizando inferência Bayesiana baseada em Monte Carlo via Cadeias de Markov, utilizando os programas GIBBSF90 e THRGIBBSF90 (MISZTAL et al., 2002), em análises bi-características incluindo o PA, AA ou ECC com cada uma das características

reprodutivas estudadas (PE, IPP, DG, DPP ou IEP). Para todas as características avaliadas foi utilizado um modelo animal linear, exceto para a característica categórica ECC, em que foi aplicado um modelo de limiar. Foram assumidas *a priori* distribuições Wishart invertidas não informativas para os componentes de (co)variâncias para todos os efeitos aleatórios considerados. Foram geradas 600.000 amostras, com período de aquecimento (*burn-in*) de 200.000 e tomada de amostras a cada 20 rodadas.

O modelo geral pode ser representado da seguinte maneira:

$$y = X\beta + Za + Wp + e$$

em que: y é o vetor de observações; X é a matriz de incidência dos efeitos sistemáticos (grupo de contemporâneos e covariáveis); β é o vetor solução para os efeitos sistemáticos; Z é a matriz de incidência dos efeitos genéticos aditivos diretos; a é o vetor solução para os efeitos genéticos aditivos diretos; W é a matriz de incidência dos efeitos de ambiente permanente; p é vetor solução dos efeitos de ambiente permanente; e é o vetor dos erros aleatórios associados às observações. O efeito de ambiente permanente de animal foi incluído somente nos modelos aplicados a características com medidas repetidas (duração da gestação, dias para o parto e intervalo de partos). A covariância residual foi definida como zero em todas as análises em que uma das características era o perímetro escrotal (ou seja, PA, AA ou ECC com o PE), uma vez que essas características são medidas em diferentes animais.

Foram assumidas as seguintes pressuposições:

$$\begin{bmatrix} a \\ p \\ e \end{bmatrix} \sim N(0, Var) \quad \text{Var} \begin{bmatrix} a \\ p \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G \otimes A & 0 & 0 \\ 0 & P \otimes I_m & 0 \\ 0 & 0 & R \otimes I_n \end{bmatrix}$$

em que: G , P e R são as matrizes de (co)variâncias genética aditiva direta, diagonal de variância de efeitos de ambiente permanente de animal e (co)variâncias residuais, respectivamente; A é a matriz do numerador dos coeficientes de parentesco entre os indivíduos; I é uma matriz identidade de ordem m (número de vacas) ou n (número de dados); \otimes é o operador do produto direto entre as matrizes.

As estimativas de herdabilidades e correlações foram baseadas na média marginal a posteriori das (co)variâncias estimadas em análises bi-características. As respostas diretas a seleção para o PA, AA e ECC e correlacionadas para as mesmas características com base na seleção para as características reprodutivas, foram calculadas de acordo com Falconer e Mackay (1996). A intensidade de seleção foi assumida como 2,06 e 0,35, equivalentes a 5 e 80% dos melhores machos e fêmeas, respectivamente.

6.3 Resultados

Na Figura 4 são apresentadas as distribuições *a posteriori* das herdabilidades obtidas para o PA, AA e ECC. As herdabilidades médias estimadas foram de $0,46 \pm 0,02$ (PA), $0,35 \pm 0,01$ (AA) e $0,17 \pm 0,02$ (ECC), indicando que essas características devem apresentar diferentes respostas a seleção. Nos rebanhos estudados, a variabilidade ambiental estimada para o ECC pode ser decorrente principalmente dos sistemas de criação em que as vacas são mantidas, os quais são influenciados por variações climáticas que determinam o crescimento das pastagens naturais. Dessa forma, embora fosse desejável que os animais apresentassem ECC intermediários, a seleção exclusiva para a característica deve proporcionar progresso genético lento devido à reduzida influência de genes de efeito aditivo.

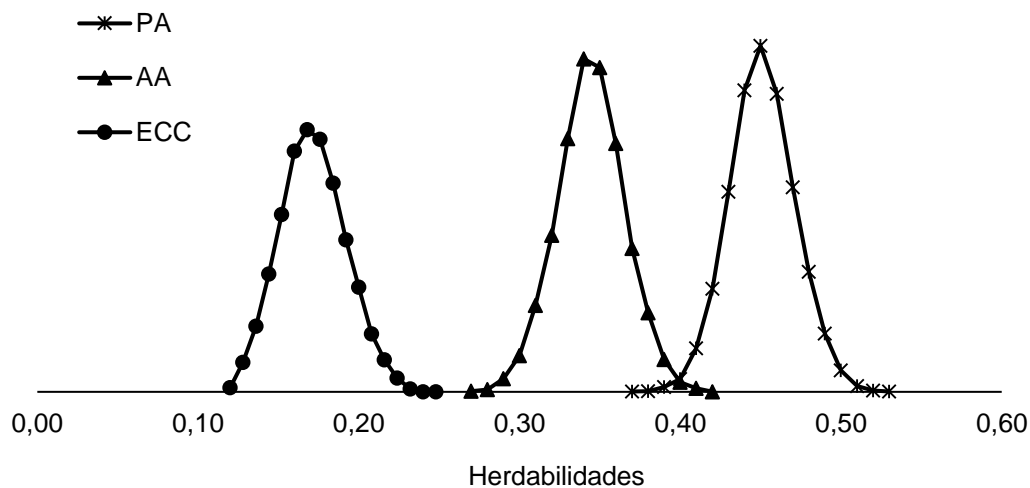


Figura 4. Distribuição das herdabilidades obtidas para o peso adulto (PA), altura adulta (AA) e escore de condição corporal (ECC) de vacas da raça Nelore.

Foi estimada herdabilidade de média magnitude para o PE ($0,37 \pm 0,01$). Por outro lado, para as características reprodutivas mensuradas diretamente nas fêmeas foram obtidos baixos valores de herdabilidades (IPP: $0,17 \pm 0,01$; DG: $0,18 \pm 0,01$ e DPP: $0,11 \pm 0,01$) e, praticamente nulo quando se refere a característica IEP ($0,05 \pm 0,00$) (Tabela 7).

Tabela 7. Valores médios, desvios padrão (DP) e intervalos de credibilidade (IC-95%) a posteriori das variâncias genética aditiva direta, de ambiente permanente e residual, herdabilidade e repetibilidade para as características reprodutivas na raça Nelore.

Características	Parâmetros	Médias	DP	IC-95%
PE	Variância genética aditiva direta	2,49	0,08	2,36 - 2,63
	Variância residual	4,16	0,06	4,06 - 4,26
	Herdabilidade	0,37	0,01	0,36 - 0,39
IPP	Variância genética aditiva direta	149,56	3,99	143,00 - 156,10
	Variância residual	729,55	16,16	703,20 - 756,60
	Herdabilidade	0,17	0,01	0,16 - 0,18
DG*	Variância genética aditiva direta	5,89	0,17	5,60 - 6,17
	Variância de ambiente permanente	0,46	0,13	0,27 - 0,69
	Variância residual	26,31	0,12	26,12 - 26,51
	Herdabilidade	0,18	0,01	0,17 - 0,19
	Repetibilidade	0,19	0,00	0,19 - 0,20
DPP*	Variância genética aditiva direta	21,58	1,33	19,40 - 23,77
	Variância de ambiente permanente	17,66	1,24	16,63 - 19,74
	Variância residual	162,06	0,88	160,60 - 163,50
	Herdabilidade	0,11	0,01	0,10 - 0,12
	Repetibilidade	0,19	0,00	0,19 - 0,20
IEP*	Variância genética aditiva direta	283,65	24,47	244,30 - 325,30
	Variância de ambiente permanente	2,25	1,52	0,33 - 5,19
	Variância residual	566,89	3,67	560,80 - 572,90
	Herdabilidade	0,05	0,00	0,04 - 0,05
	Repetibilidade	0,05	0,00	0,05 - 0,06

PE= perímetro escrotal; IPP= idade ao primeiro parto; DG= duração da gestação; DPP= dias para o parto; IEP= intervalo de partos;

*Características com medidas repetidas.

As repetibilidades estimadas para as características DG ($0,19 \pm 0,00$), DPP ($0,19 \pm 0,00$) e IEP ($0,05 \pm 0,00$) apresentaram baixas magnitudes (Tabela 7), sugerindo que fatores permanentes (genes de efeito aditivo, combinações gênicas e ambiente permanente) exercem baixa influência no desempenho reprodutivo das matrizes de corte nos rebanhos estudados. Assim, o desempenho de vacas jovens em relação à duração da gestação, dias para o parto e intervalo de partos não é um bom indicador de desempenho futuro.

As médias a *posteriori* das correlações genéticas estimadas entre o PA e as características reprodutivas variaram de nulas a baixas magnitudes (Tabela 8). Em geral, o peso das vacas está geneticamente associado e de maneira positiva com a IPP ($0,23 \pm 0,08$), IEP ($0,25 \pm 0,15$) e, em menor magnitude, com a DG ($0,14 \pm 0,03$). Por outro lado, diferentes genes de efeito aditivo estão influenciando o desempenho das vacas para

o PA em relação ao PE e DPP nos rebanhos avaliados.

Tabela 8. Médias, desvios padrão (DP) e intervalos de credibilidade (IC-95%) a posteriori das correlações genéticas e fenotípicas entre as características de tamanho adulto e condição corporal com as características reprodutivas na raça Nelore.

Características ¹	Correlações genéticas		Correlações fenotípicas	
	Média (DP)	IC-95%	Média (DP)	IC-95%
Peso adulto de fêmeas				
PE	0,03 (0,03)	-0,03 a 0,07	0,01 (0,01)	-0,01 a 0,03
IPP	0,23 (0,08)	0,10 a 0,36	0,07 (0,02)	0,04 a 0,10
DG	0,14 (0,03)	0,10 a 0,19	0,05 (0,01)	0,03 a 0,06
DPP	-0,01 (0,04)	-0,08 a 0,06	0,03 (0,01)	0,02 a 0,04
IEP	0,25 (0,15)	0,00 a 0,50	0,12 (0,02)	0,08 a 0,16
Altura adulta de fêmeas				
PE	-0,08 (0,03)	-0,13 a -0,02	-0,03 (0,01)	-0,05 a -0,01
IPP	0,18 (0,03)	0,13 a 0,24	-0,01 (0,02)	-0,03 a 0,02
DG	0,17 (0,04)	0,11 a 0,23	0,04 (0,01)	0,02 a 0,05
DPP	0,07 (0,05)	0,00 a 0,14	0,00 (0,01)	-0,02 a 0,01
IEP	0,19 (0,06)	0,09 a 0,30	0,02 (0,03)	-0,02 a 0,06
Escore de condição corporal de fêmeas				
PE	-0,13 (0,06)	-0,22 a -0,04	-0,03 (0,01)	-0,06 a -0,01
IPP	-0,15 (0,20)	-0,49 a 0,19	-0,10 (0,08)	-0,23 a 0,04
DG	-0,07 (0,06)	-0,17 a 0,03	0,01 (0,01)	-0,01 a 0,03
DPP	-0,22 (0,11)	-0,40 a 0,03	-0,03 (0,01)	-0,05 a -0,01
IEP	-0,16 (0,08)	-0,28 a -0,04	0,06 (0,04)	0,00 a 0,13

¹PE= perímetro escrotal; IPP= idade ao primeiro parto; DG= duração da gestação; DPP= dias para o parto; IEP= intervalo de partos.

A AA apresentou positiva e baixa associação genética com todas as características reprodutivas mensuradas em fêmeas, com correlações médias variando de $0,07 \pm 0,05$ a $0,19 \pm 0,06$ (Tabela 8). Geneticamente, fêmeas mais altas estão levemente relacionadas à primeira parição mais tardia, maior duração de gestação e intervalo de partos mais longos. Por outro lado, foi estimada correlação genética negativa e praticamente nula entre a altura de fêmeas e o PE ($-0,08 \pm 0,03$).

Correlações genéticas negativas e favoráveis foram estimadas entre o ECC e todas as características relacionadas ao desempenho reprodutivo de fêmeas (Tabela 8), indicando que fêmeas melhores avaliadas geneticamente para o ECC tendem a apresentar melhor desempenho reprodutivo, quando avaliado principalmente pela redução no número de dias para a parição. Por outro lado, o ECC apresentou associação genética próxima de zero e ligeiramente desfavorável com o PE ($-0,13 \pm 0,06$).

Nos rebanhos estudados, o PA, AA e ECC apresentaram correlações fenotípicas baixas ou praticamente nulas com as características reprodutivas medidas em machos (PE) e fêmeas (IPP, DG, DPP e IEP) (Tabela 8).

A utilização das características PA, AA e ECC como critérios de seleção deve promover aumentos de 4,91%; 1,24% e 4,72% por geração, respectivamente, em relação à média fenotípica de cada uma dessas características (Tabela 9). Com a seleção baseada em maiores valores genéticos para o PE, são esperados pequenos aumentos na média fenotípica do PA (0,13%/geração), por resposta correlacionada, porém, deve levar a diminuição da AA (-0,10%/geração) e do ECC (-0,94%/geração). De modo geral, a seleção para a precocidade sexual e melhor desempenho reprodutivo de fêmeas (menor IPP, DG e IEP) deve levar a reduções no tamanho adulto (PA e AA) das mesmas por resposta correlacionada, por outro lado, o ECC deve apresentar melhorias ao utilizar-se esse tipo de seleção (Tabela 9).

Tabela 9. Respostas diretas à seleção para o peso adulto (PA), altura adulta (AA) e escore de condição corporal (ECC) de vacas, respostas correlacionadas e ganhos genéticos por geração (G_{ag}) para as mesmas características, considerando a seleção aplicada para as características reprodutivas (perímetro escrotal: PE, idade ao primeiro parto: IPP, duração da gestação: DG, dias para o parto: DPP, intervalo de partos: IEP), em animais da raça Nelore.

		PE	IPP	DG	DPP	IEP
Respostas diretas (por geração)		Respostas correlacionadas (por geração)				
PA (kg)	20,15	0,55	2,85	1,78	-0,10	1,67
G_{ag} PA (%)	4,91	0,13	0,69	0,43	-0,02	0,41
AA (cm)	1,75	-0,14	0,22	0,21	0,07	0,13
G_{ag} AA (%)	1,24	-0,10	0,16	0,15	0,05	0,09
ECC (1-5)	0,15	-0,03	-0,02	-0,01	-0,03	-0,01
G_{ag} ECC (%)	4,72	-0,94	-0,63	-0,32	-0,94	-0,32

6.4 Discussão

As herdabilidades estimadas para o PA, AA e ECC (Figura 4) indicam que essas características obtidas em fêmeas podem ser utilizadas como critérios de seleção, com maior resposta esperada para as medidas indicadoras de tamanho adulto, devido à importância do efeito genético aditivo direto em sua expressão, quando comparada à condição corporal. As herdabilidades estimadas no presente estudo para o PA e AA assemelham-se aos valores relatados por Pedrosa et al. (2010), Regatieri et al. (2012), Boligon et al. (2014) e Silveira et al. (2015), para rebanhos da raça Nelore. Para raças taurinas, Arango et al. (2002) e Nephawe et al. (2004) relataram herdabilidade de $0,49 \pm 0,04$ e $0,52 \pm 0,04$ para o peso adulto de vacas, semelhantes ao resultado obtido no presente trabalho, porém, para a característica altura adulta esses autores relataram herdabilidades superiores ($0,68 \pm 0,04$ e $0,71 \pm 0,05$, respectivamente).

As herdabilidades encontradas para a característica ECC foram baixas, justificando que os efeitos ambientais (qualidade da alimentação, possíveis problemas sanitários, nível de manejo, entre outros) podem exercer influência na sua expressão (Figura 4). Dessa forma, melhorias nas condições de manejo, juntamente com seleção de vacas baseada em valores genéticos preditos para o ECC, deverão trazer benefícios econômicos na criação de bovinos de corte, em animais mantidos em regiões tropicais e extensivamente. A herdabilidade estimada no presente estudo para o ECC apresenta-se levemente inferior em relação aos valores relatados por Mercadante et al. (2006) e Silveira et al. (2015), para vacas da raça Nelore. Por outro lado, Arango et al. (2002) e Nephawe et al. (2004) relataram herdabilidade semelhante (0,16) ao presente trabalho para o escore de condição corporal de vacas de raças taurinas avaliadas em diferentes idades. Uma maneira alternativa de avaliar a condição corporal de fêmeas de corte é a utilização de medidas repetidas ao longo tempo (obtidas em cada fase de um mesmo ciclo produtivo), geralmente consideradas em bovinos leiteiros, o que possibilitaria estudar alterações no ECC durante o período (DECHOW et al., 2003; PRYCE et al., 2006). Entretanto, em bovinos de corte, o ECC é comumente atribuído no início da estação de

monta ou no diagnóstico de prenhes, limitando estudos sobre mudanças no escore durante a gestação e após o parto. Cabe destacar que, um maior controle no manejo geralmente aplicado a rebanhos participantes de programas de melhoramento e a seleção de animais para outras características que podem interferir na condição corporal, como é o caso do peso (ARANGO et al., 2002; SILVEIRA et al., 2015), pode explicar algumas das diferenças encontradas na literatura para a herdabilidade do escore de condição corporal de vacas.

A herdabilidade média estimada para o PE ($0,37 \pm 0,01$) é semelhante aos valores variando de 0,42 a 0,44 relatados por Forni e Albuquerque (2005), Yokoo et al. (2007), Boligon et al. (2010a), Van Melis et al. (2010) e Regatieri et al. (2012) na raça Nelore. Esses resultados indicam que a característica é controlada pela ação de genes aditivos e que a seleção de animais para maior perímetro escrotal ao sobreano deve promover melhorias à característica. Além disso, alguns estudos relatam que o perímetro escrotal está geneticamente associado às características reprodutivas avaliadas diretamente nas fêmeas, devendo beneficiar a fertilidade dos rebanhos (CASTRO-PEREIRA et al., 2007; VAN MELIS et al., 2010; SANTANA et al., 2015; TERAKADO et al., 2015).

A herdabilidade estimada para a IPP ($0,17 \pm 0,01$) indica a possibilidade de obtenção de ganhos genéticos lentos com a seleção para reduzir a idade em que as vacas parem pela primeira vez, devido a grande influência que o ambiente e combinações gênicas exercem sobre a característica. Dessa forma, a utilização da IPP como critério de seleção de fêmeas, em conjunto com melhorias no manejo, deve contribuir para reduzir a idade ao primeiro parto. O valor estimado no presente estudo é semelhante aos relatados na literatura para as raças zebuínas, com estimativas baixas, variando de 0,10 a 0,21 (BALDI et al., 2008; BOLIGON et al., 2010b; BOLIGON et al., 2012; REGATIERI et al., 2012; MELLO et al., 2013). De acordo com esses autores, o manejo reprodutivo adotado nas fazendas exerce influência direta na variabilidade genética da característica, principalmente devido as novilhas muitas vezes serem expostas à reprodução ao atingirem determinado peso corporal e/ou idade, juntamente com a curta duração das estações de acasalamento, ocasionando as baixas herdabilidades para a idade ao primeiro parto.

A herdabilidade estimada para a característica DG ($0,18 \pm 0,01$) indica baixa variabilidade genética e, apesar da variação fenotípica ser biologicamente limitada, um menor tempo de gestação permitiria às fêmeas melhor recuperação do aparelho

reprodutor para a gestação seguinte. Ao analisar a duração da gestação de vacas, as estimativas de herdabilidades apresentaram-se baixas, em torno de 0,08 (YAGÜE et al., 2009; RÍOS-UTRERA et al., 2013; SILVEIRA et al., 2015). Por outro lado, quando a duração da gestação foi avaliada em novilhas ao primeiro parto, as herdabilidades variaram de moderadas a altas, sendo de 0,66; 0,33 e 0,38 de acordo com Mujibi et al. (2008), Cervantes et al. (2010) e Chud et al. (2014), para as raças Charolês, Asturiana dos Vales e Nelore, respectivamente. Esses resultados sugerem uma maior variabilidade genética na duração da primeira gestação de fêmeas quando comparada a vacas com diferentes ordens de parição. Cabe destacar que, com o passar do tempo muitas fêmeas não emprenham e são descartadas, o que pode influenciar na redução da variação da característica.

As herdabilidades estimadas para as mensurações de DPP e IEP foram de magnitudes baixas e próximas a zero ($0,11 \pm 0,01$ e $0,05 \pm 0,00$, respectivamente), indicando que essas características apresentam pouca influência da ação de genes aditivos. Dessa forma, melhorias no manejo reprodutivo poderia auxiliar na redução do número de dias para o parto e no intervalo de partos. O resultado do presente estudo foi semelhante aos apresentados por Forni e Albuquerque (2005), Mercadante et al. (2005), Mucari et al. (2007) e Boligon et al. (2008), que relataram herdabilidades variando de 0,04 a 0,15 para a característica DPP. Para o IEP, a herdabilidade estimada foi levemente inferior aos valores próximos a 0,13, descritos por Gutiérrez et al. (2006), Yagüe et al. (2009), Ríos-Utrera et al. (2013). As diferenças nos valores de herdabilidades obtidos podem estar associados ao manejo reprodutivo, que muitas vezes penaliza alguns animais, diminuindo a variabilidade genética do intervalo de partos.

Os coeficientes de repetibilidade estimados para as características reprodutivas (DG, DPP e IEP) apresentaram magnitudes baixas (Tabela 7), indicando que fatores permanentes, como genes de efeito aditivo, combinações gênicas e efeitos de ambiente permanente, exercem baixa influência no desempenho reprodutivo das matrizes. Dessa forma, o fato de vacas jovens apresentarem bom desempenho em relação à duração da gestação, dias para o parto e intervalo de partos, não deve ser considerado como um bom indicador de desempenhos futuros. Os resultados obtidos no presente estudo assemelham-se aos valores encontrados na literatura de 0,17 e 0,11 para a duração da gestação (ROCHA et al. 2005; YAGÜE et al., 2009); 0,11 e 0,01 para dias para o parto (FORNI & ALBUQUERQUE, 2005; SILVA et al., 2015) e 0,09 e 0,05 para intervalo de

partos (YAGÜE et al., 2009; SILVA et al., 2015).

As correlações genéticas estimadas entre o PA e AA com PE foram praticamente nulas (Tabela 8), indicando que a seleção de machos para maior PE ao sobreano não deve promover alterações no tamanho adulto das matrizes. Esse resultado é favorável, uma vez que na maioria dos programas de avaliação genética de zebuínos existe uma ponderação importante atribuída ao perímetro escrotal, o que poderia provocar alterações na estatura das vacas mantidas na reprodução, caso existisse associação genética entre essas características. Para animais da raça Nelore, Regatieri et al. (2012) relataram correlação genética superior ($0,24 \pm 0,04$) em relação ao presente estudo entre o perímetro escrotal ao sobreano e o peso adulto. Não foram encontrados na literatura estudos relacionando a característica AA com o PE, porém, Yokoo et al. (2007) relataram correlações genéticas de 0,21; 0,12 e 0,39 entre o perímetro escrotal avaliado aos 365, 450 e 550 dias de idade com altura do posterior ao sobreano, respectivamente, demonstrando que a seleção de machos para maior perímetro escrotal deve levar ao aumento da altura ao sobreano.

Nos rebanhos estudados, a IPP está associada geneticamente com as características indicadoras de tamanho, de maneira positiva e de mediana magnitude (Tabela 8). Dessa forma, um aumento no peso e/ou altura das vacas deve levar a obtenção de novilhas que parem mais tardiamente. Animais maiores, são mais exigentes em termos nutricionais, e esse atraso ao atingir idade reprodutiva, pode ser justificado pelo baixo aporte nutricional fornecido pelos sistemas de criação extensivos onde, na maioria das vezes, a pastagem é a única fonte de alimento (MONTAÑO-BERMEDEZ & NIELSEN, 1990; JENKINS & FERRELL, 1994).

Mello et al. (2006) relataram correlação genética semelhante (0,20) ao presente trabalho, ao relacionar o peso adulto de fêmeas da raça Canchim (de 4 aos 10 anos de idade) com a idade ao primeiro parto. Por outro lado, Boligon et al. (2010b) ao relacionar a idade ao primeiro parto com pesos aos 2 e 5 anos relataram correlações genéticas nos valores de -0,20 e -0,14, respectivamente. Regatieri et al. (2012) também relataram correlações genéticas negativas entre a idade ao primeiro parto e peso adulto, após os 4 anos de idade, com valor de -0,19. Em outro estudo, Boligon et al. (2008) relataram correlação genética de -0,31 entre o peso ao primeiro parto e a idade ao primeiro parto.

As correlações genéticas estimadas entre as características reprodutivas DG e IEP com o PA e AA (Tabela 8) indicam que vacas com maior potencial genético para crescimento (peso e altura adulta) são, em partes, as que apresentam maiores períodos de gestação e intervalo de partos. Dessa forma, a seleção de fêmeas para menores DG e IEP deve promover uma diminuição do tamanho adulto, ao longo de várias gerações. Por outro lado, a seleção visando reduzir o número de dias para o parto não deve promover alterações no tamanho das matrizes de corte. Em rebanhos da raça Nelore, Boligon et al. (2008) relataram correlação genética negativa e de baixa magnitude (-0,16) entre o peso da fêmea ao primeiro parto e o número de dias para o primeiro parto. Em termos práticos, é esperada uma maior relação entre o peso da fêmea e o número de dias para o parto em primíparas quando comparado a vacas mais velhas e com diferentes parições, uma vez que em fêmeas jovens o aporte nutricional ainda está voltado para o crescimento, o que pode influenciar na manifestação deaios mais tardios.

O ECC apresentou correlações genéticas de magnitudes baixas e negativas com todas as características reprodutivas avaliadas (PE, IPP, DG, DPP e IEP) (Tabela 8). De acordo com esses resultados, a seleção de machos com maior perímetro escrotal poderá levar a uma leve diminuição do escore de condição corporal das vacas, após um longo período de seleção. Por outro lado, a seleção de fêmeas para melhor condição corporal deve levar, por resposta correlacionada, em melhorias no desempenho reprodutivo das vacas, devido principalmente a reduções na idade ao primeiro parto, dias ao parto e intervalo de partos. Em termos práticos, esses resultados demonstram a relação entre o balanço energético, representado pela condição corporal, e a eficiência reprodutiva das fêmeas. Vacas com ECC baixos podem apresentaraios tardios e anestros prolongados, o que pode ser agravado nas estações de acasalamento de curta duração (GRELLÉ et al., 2006; ROCHE et al., 2007; SANTOS et al., 2009). De maneira semelhante, Mercadante et al. (2006) relataram correlação genética moderada e negativa (-0,35) entre o escore de condição corporal de vacas e dias para o parto, o que deve estar associado ao maior tempo demandado, por fêmeas com piores condições corporais, para apresentarem cio, comprometendo a primeira inseminação/monta do período reprodutivo (SANTOS et al., 2009).

As correlações fenotípicas estimadas entre as medidas de peso, altura e condição corporal de vacas com as características reprodutivas mensuradas em machos e fêmeas, de maneira geral, apresentaram magnitudes baixas e praticamente nulas (Tabela 8).

Esses resultados indicam não haver associação fenotípica entre as medidas de tamanho e condição corporal de vacas com o desempenho reprodutivo.

As características PA e ECC, apresentaram maiores ganhos genéticos diretos por geração em relação a média fenotípica de cada característica (4,91% e 4,72%, respectivamente), comparado ao ECC de vacas. A melhora na eficiência reprodutiva de machos, através da seleção de animais com maiores PE, demonstrou pequenos aumentos na média fenotípica do PA (0,55 kg/geração), porém, na AA e no ECC deve haver uma diminuição de -0,14 cm/geração e -0,03 pontos/geração, respectivamente. No caso de fêmeas, a seleção de animais mais precoces e eficientes em termos reprodutivos, com menores idades ao primeiro parto, intervalos de partos e duração da gestação, deve levar a obtenção de matrizes com menores tamanhos e com melhores ECC (Tabela 9), o que pode ter grandes reflexos na pecuária nacional, caracterizada por sistemas de criação extensivos.

6.5 Conclusões

As características peso e altura adulta poderão ser utilizadas como critério de seleção de fêmeas, promovendo mudanças no tamanho das vacas. Por outro lado, a seleção baseada na condição corporal de vacas deve apresentar respostas mais lentas.

O perímetro escrotal ao sobreano deve apresentar maior resposta a seleção quando comparado às características reprodutivas mensuradas diretamente em fêmeas. São esperados maiores ganhos genéticos para a idade ao primeiro parto e duração da gestação em relação a número de dias para o parto e intervalo de partos.

A seleção de machos baseada em maior perímetro escrotal ao sobreano não deve causar alterações no tamanho adulto das fêmeas. Por outro lado, a redução da idade ao primeiro parto, duração da gestação e intervalo de partos deverá levar, ao longo dos anos, em diminuição do tamanho das matrizes. Não são esperadas alterações no tamanho das fêmeas ao incluir a característica dias para o parto nos índices de seleção.

Após várias gerações de seleção, a escolha de touros com maiores valores genéticos para o perímetro escrotal ao sobreano pode levar a uma redução na condição corporal das vacas. Por outro lado, a seleção baseada no escore de condição corporal de matrizes de corte deve levar a obtenção de vacas mais eficientes em termos reprodutivos (ou seja, com menor idade ao primeiro parto, duração da gestação, dias para o parto e intervalo de partos).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCZ/EMBRAPA: **Sumário nacional de avaliação genética - Raça Nelore - PMGZ 2015**. Disponível em: <<https://www.abczstat.com.br/comunicacoes/sumario/default.aspx>> Acesso em: 03 de janeiro de 2016.

Aliança Nelore 2015: **Sumário de touros Aliança Nelore 2015**. Disponível em: <http://www.gensys.com.br/home/win_sumarios.php?id_sumario=68&id=1011&>. Acesso em: 03 de janeiro de 2016.

ANCP (Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores): Sumário de Touros das Raças Nelore, Guzerá, Brahman e Tabapuã. Disponível em: <<http://www.ancp.org.br/arqsumarios/sumario-ancp-agosto-2015.pdf>>. Acesso em: 03 de janeiro de 2016.

ALMEIDA, M.I.V.; FONTES, C.A.A.; ALMEIDA, F.Q.D. Avaliação do crescimento de tecidos e órgãos de novilhos mestiços Holandês, Gir durante o ganho compensatório na Carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30 p.526-534, 2001.

ARANGO, A.; CUNDIFF, L.V.; VAN VLECK, L.D. Genetic parameters for weight, weight adjusted for body condition score, height, and body condition score in beef cows. **Journal Animal Science**, v.80, p.3112-3122, 2002.

ARAÚJO NETO, F.R.; LÔBO, R.B.; MOTA, M.D.S.; OLIVEIRA, H.N. Genetic parameter estimates and response to selection for weight and testicular traits in Nelore cattle. **Genetics and Molecular Research**, v.10 p.3127-3140, 2011.

AZEVÊDO, D. M. M. R.; FILHO, R. M.; LÔBO, R. N. B.; MALLHADO, C. H. M.; LÔBO, R. B.; MOURA, A. A. A.; PIMENTAFILHO, E. C. Desempenho reprodutivo de vacas nelore no norte e nordeste do brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 988–996, 2006.

BALDI, F.; ALENCAR, M.M.; FREITAS, A.R.; BARBOSA, R.T. Parâmetros genéticos para características de tamanho e condição corporal, eficiência reprodutiva e longevidade em fêmeas da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.2 p.247-253, 2008.

BIGNARDI, A. B.; GORDO, D. G. M.; ALBUQUERQUE, L. G.; SESANA, J. C. Parâmetros genéticos de escore visual do umbigo em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63 p.941-947, 2011.

BOLEMAN, S.L.; BOLEMAN, S.J.; MORGAN, W.W.; HALE, D.S.; GRIFFIN, D.B.; SAVELL, J.W.; AMES, R.P.; SMITH, M.T.; TATUM, J.D.; FIELD, T.G.; SMITH, G.C.; GARDNER, B.A.; MORGAN, J.B.; NORTHCUTT, S.L.; DOLEZAL, H.G.; GILL, D.R.; RAY, F.K. National beef quality audit-1995: survey of producer-related defects and carcass quality and quantity attributes. **Journal Animal Science**. v.76, p. 96-103. 1998.

BOLIGON, A. A.; ALBUQUERQUE, L. G.; RORATO, P.R.N. Associações genéticas entre pesos e características reprodutivas em rebanhos da raça **Nelore**. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.37 p.596-601,2008.

BOLIGON, A.A; ALBUQUERQUE, L.G; MERCADANTE, M.E.Z; LÔBO, R.B. Herdabilidades e correlações entre pesos do nascimento à idade adulta em rebanhos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.38, n.12, p.2320-2326, 2009.

BOLIGON A.A.; SILVA, J.A.V., SESANA, R.C.; SESANA, J.C.; JUNQUEIRA, J.B.; ALBUQUERQUE, L.G. Estimation of genetic parameters for body weights, scrotal circumference, and testicular volume measured at different ages in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, v.88 p.1215-1219, 2010a.

BOLIGON A.A.; ALBUQUERQUE, L.G.; MERCADANTE, M.E.Z.; LOBO, R.B. Study of relations among age at first calving, average weight gains and weights from weaning to maturity in Nelore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39 p.746-751, 2010b.

BOLIGON, A.A.; MERCADANTE, M.E.Z.; ALBUQUERQUE, L.G. Genetic associations of conformation, finishing precocity and muscling visual scores with mature weight in Nelore cattle. **Livestock Science**, v.135 p.238-243, 2011.

BOLIGON, A.A.; BALDI, F.; and ALBUQUERQUE, L. G. Genetic correlations between

heifer subsequent rebreeding and age at first calving and growth traits in Nelore cattle by Bayesian inference. **Genetics and Molecular Research**, v. 4 p. 4516-4524, 2012.

BOLIGON, A.A.; CARVALHEIRO, R.; AYRES, D.R.; ALBUQUERQUE, L.G. Analysis of genetic correlations of hip height with selection indices and mature weight in Nelore cattle. **Journal Applied Genetics**, v.54 p.89-95, 2013.

BOLIGON, A. A.; CARVALHEIRO, R.; ALBUQUERQUE, L. G. Evaluation of mature cow weight: Genetic correlations with traits used in selection indices, correlated responses, and genetic trends in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, v.91 p.20-28, 2014.

CAETANO, S.L.; SAVEGNAGO, R.P.; BOLIGON A.A.; RAMOS, S.B.; CHUD, T.C.S.; LÔBO, R.B.; MUNARI, D.P. Estimates of genetic parameters for carcass, growth and reproductive traits in Nelore cattle. **Livestock Science** 155:1-7, 2013.

CASTRO-PEREIRA, V.M.; ALENCAR, M.M.; BARBOSA, P.F. Estimativas de parâmetros genéticos e de ganhos direto e indireto à seleção para características de crescimento de machos e fêmeas da raça Canchim.Viçosa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1037-1044, 2007.

CFM: Sumário de touros Nelore CFM 2015. São José do Rio Preto: Agro-Pecuária CFM 2015. Disponível em: <http://www.agrocfm.com.br/download/Sum%C3%A1rio_de_Touros_Nelore_CFM_2015.pdf>. Acesso em: 15 de janeiro de 2016.

CERVANTES, I.; GUTIÉRREZ, J. P.; FERNANDEZ, I.; GOYACHE, F. 2010. Genetic relationships among calving ease, gestation length, and calf survival to weaning in the Asturiana de los Valles beef cattle breed. **Journal of Animal Science** 88:96–101, 2010.

Conexão Delta G. Disponível em:

<http://www.gensys.com.br/home/show_page.php?id=703>. Acesso em: 15 de janeiro de 2016.

CHUD, T. C.S.; CAETANO, S.L.; BUZANKAS, M.E.; GROSSI, D.A.; GUIDOLIN, D.G.F.; NASCIMENTO, G.B.; ROSA, J.O.; LÔBO, R.B.; MUNARI, D. P. Genetic analysis for gestation length, birth weight, weaning weight, and accumulated productivity in Nelore beef cattle. **Livestock Science**, 170:16–21, 2014.

CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M.; GREGORY, K.E.; CROUSE J.D.; DIKEMAN, M.E. Characteristics of diverse breeds in cycle IV of the cattle germoplasm evaluation program. **Beef Research-Progress Report**, v. 4, p. 63-71, 1993.

DECHOW, C. D.; ROGERS, G. W.; CLAYT, J. S.; LAWLOR, T. J. Heritability and correlations for body condition score, and dairy form and across lactation and age. **Journal of Dairy Science**, vol. 87, n. 6, p.717-728, 2004.

DIAS, J. C. V. J.; ANDRADE, J. A. M.; MARTINS, L. L.; EMERICK, and FILHO, V. R. V. Correlações genéticas e fenotípicas entre características reprodutivas e produtivas de touros da raça Nelore. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira** 43:53–59, 2008.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. Introduction to quantitative genetics. 4.ed. Edinburgh Longman Group Limited, 1996. 464p.

FARIA, C.U.; MAGNABOSCO, C.U.; ALBUQUERQUE, L.G.; REYES, A.; BEZERRA, L.A.F.; LOBO, R.B. Análise genética de escores de avaliação visual de bovinos com modelos bayesianos de limiar e linear. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 43:835-841, 2008.

FARIA, C.U.; KOURY FILHO, W.; MAGNABOSCO, C.U.; ALBUQUERQUE, L.G.; BEZERRA, L.A.F.; LOBO, R.B. Bayesian inference in genetic parameter estimation of visual scores in Nelore beef-cattle. **Genetics and Molecular Biology** 32:753-760, 2009.

FARIA, C.U.; PIRES, B.C.; VOZZI, A.P; MAGNABOSCO, C.U.; KOURY FILHO; M.A.O.; OLIVEIRA, H.N.; LÔBO, R.B. Genetic correlations between categorical morphological traits in Nelore cattle by applying Bayesian analysis under a threshold animal model. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, 127:377–384, 2010.

FARIA, C.U.; MAGNABOSCO, C.U.;ALBUQUERQUE, L.G.; REYES, A.; SAUERESSIG, M.G.; LÔBO, R.B. 2007. Utilização de Escores Visuais de Características Morfológicas de Bovinos Nelore como Ferramenta para o Melhoramento Genético Animal. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/publicacoes/publ_index.html>. Acesso em: 04 de dezembro de 2015.

FORNI, S. & ALBUQUERQUE, L. G. Estimates of genetic correlations between days to calving and reproductive and weight traits in Nelore cattle. **Journal of Animal Science** 83:1511-1515, 2005.

FITZHUGH JR., H.A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. **Journal of Animal Science** 42:1036-1051, 1976.

Geneplus. Disponível em:

<<http://geneplus.cnpqg.embrapa.br/sumarios/nelore/index.php>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2016.

GEWEKW, J. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments. In: Bernardo, J.M., Berger, J.O., Dawid, A.P., Smith, A.F.M. (Eds.), *Bayesian Statistics 4*. Oxford University Press, New York, p.625-631, 1992.

GIANOLA, D.; FOULLEY, J. L. Sire evaluation for ordered categorical data with a threshold model. **Genetics Selection Evolution**, v. 15, p. 201-224, 1983.

GOYACHE, F.; GUTIÉRREZ, J. P. Heritability of reproductive traits in Asturiana de los Valles beef cattle breed. **Archiv fur Tierzucht**, 44:489-496, 2001.

GORDO, D. G. M.; BALDI, F.; LÔBO, R. B.; KOURY FILHO, W.; SAINZ, R. D.; ALBUQUERQUE, L. G. Genetic association between body composition measured by ultrasound and visual scores in Brazilian Nelore cattle. **Journal of Animal Science** 90:4223-4229, 2012.

GRECELLÉ, R. A.; BARCELLOS, J. O. J; JOSÉ, B. N; COSTA, E. C.; PRATES, E. R. Taxa de prenhez de vacas Nelore x Hereford em ambiente subtropical sob restrição alimentar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p.1423-1430, 2006.

GUTIÉRREZ, J. P.; GOYACHE, F.; FERNÁNDEZ, I.; ALVAREZ, I.; ROYO, L. J. F. Genetic relationships among calving ease, calving interval, birth weight, and weaning weight in the Asturiana de los Valles beef cattle breed. **Journal of Animal Science** 85:69–75, 2006.

HEIDELBERGER, P.; WELCH, P.D. Simulation run length control in the presence of an initial transient. *Operations Research*, Baltimore 31:1109-1144, 1983.

HOSSNER, K.L. Development of Muscle, Skeletal System and Adipose Tissue. In: HOSSNER, K.L. Hormonal regulation of farm animal growth. Cambridge: CABI International, 2005, p. 1-12.

IBGE. Produção pecuária municipal 2012. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2012/tabelas_pdf/tab01.pdf> Acesso em: 12 de junho de 2015.

JENKINS, T.G. & FERREL, C.L. Productivity through weaning of nine breeds of cattle under varying feed availabilities. **Journal of Animal Science** 72:2787-2797, 1994.

KOURY FILHO, W.; ALBUQUERQUE, L. G.; FORNI, S.; VASCONCELOS, J.A.S.; YOKOO, M. J.; ALENCAR, M. Mello. Estimativas de parâmetros genéticos para os escores visuais e suas associações com peso corporal em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia** 39:1015-1022, 2010.

LUO, M.F.; BOETTCHER, P.J.; SCHAEFFER, L.R. Estimation of genetic parameters of calving ease in first and second parities of Canadian Holsteins using Bayesian methods. **Livestock Production Science** 74:175-184, 2002.

MACHADO, R.; CORRÊA, R. F.; BARBOSA, R. T.; BERGAMASCHI, M. A. C. M. Escore da condição corporal e sua aplicação no manejo reprodutivo de ruminantes. Circular Técnica n. 57, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, 2008.

MARCONDES, C.R.; PANETO, J.C.C.; SILVA, J.A.V. et al. Comparação entre análises para permanência no rebanho de vacas Nelore utilizando modelo linear e modelo de limiar. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.2, p.234-240, 2005.

MELLO, S.P.; ALENCAR, M.M.; TORAL, F.L.B.; GIANLORENÇO, V.K. Estimativas de parâmetros genéticos para características de crescimento e produtividade em vacas da raça Canchim, utilizando-se inferência bayesiana. **Revista Brasileira de Zootecnia** 35:92-97, 2006.

MELLO, S.P.; ALENCAR, M.M.; PASSAFARO, T.L. Parâmetros genéticos de relações de pesos, características de fertilidade e crescimento em vacas da raça Canchim. **Boletim da Indústria Animal**, v.70, n.3, p.235-241, 2013.

MELLO, S.P.; ALENCAR, M.M.; SANTOS, D.C.C.; TORAL, F.L.B. Análise genética de características de fertilidade, de crescimento e de produtividade em vacas da raça Canchim. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 66:555-562, 2014.

MERCADANTE, M.E.Z.; RAZOOK, A.G.; TROVO, J.B.F.; CYRILLO, J.N.S.G.; FIGUEIREDO, L.A. Parâmetros genéticos do peso no início da estação de monta, considerado indicativo do peso adulto de matrizes Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1135-1144, 2004.

MERCADANTE, M. E. Z.; RAZOOK, A. G.; CYRILLO, J. N. S. G.; FIGUEIREDO, L. A. Parâmetros Genéticos para Dias ao Parto, Data do Parto e Sucesso ao Parto em Rebanhos Experimentais da Raça Nelore. **Boletim Indústria Animal**, 62:01-07, 2005.

MERCADANTE, M.E.Z.; RAZOOK, A.G.; VASCONCELOS, J.A.S.; FIGUEIREDO, L.A. 2006. Escore de condição corporal de vacas da raça Nelore e suas relações com características de tamanho e reprodução. **Arquivo Latinoamericano de Produção Animal** 14:143-147, 2006.

MISZTAL, I.; TSURUTA, S.; STRABEL, T.; AUVRAY, B.; DRUET, T.; LEE, D. H. 2002. BLUPF90 and related programs (BGF90). p.19-23. In: Proceedings of the 7th Congress on Genetics applied to Livestock Production, Montpellier.

MONTAÑO-BERMUDEZ, M.; NIELSEN, M.K. Biological efficiency to weaning and to slaughter of crossbred beef cattle with different genetic potential for milk. **Journal of Animal Science** 68:2297-2309, 1990.

MUCARI, T.B.; ALENCAR, M. M.; BARBOSA, P.F.; BARBOSA, R.T. Genetic analyses of days to calving and their relationships with other traits in a Canchim cattle herd. **Genetics and Molecular Biology** 30:1070-1076, 2007.

MUJIBI, F. D. N.; CREWS, D. H. Genetic parameters for calving ease, gestation length and birth weight in Charolais cattle. **Journal of Animal Science** 87:2759-2766, 2009.

NEPHAWE, K.A.; CUNUNDIFF, L.V.; DIKEMAN, M.E., Crouse, J.D., VanVleck, L.D.,. Genetic relationships between sex-specific traits in beef cattle: mature weight, weight adjusted for body condition score, height and body condition score of cows, and carcass traits of their steer relatives. **Journal of Animal Science**, 82,647–653, 2004.

PEDROSA, V. B.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S.; SILVA, J. A. V.; RIBEIRO, S.; SILVA, M. R.; PINTO, L. F. B. Parâmetros genéticos do peso adulto e características de desenvolvimento ponderal na raça Nelore. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 11:104-113, 2010.

PIRES, B.C.; FARIA, C.U.; Viu, M.A.O. et al. Modelos bayesianos de limiar e linear na estimação de parâmetros genéticos para características morfológicas de bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 11:651-666, 2010.

PRYCE, J. E.; HARRIS, B. L. Genetic of body condition score in New Zealand dairy cows. **Journal of Dairy Science**, vol. 89, n. 11, p.4424-4432, 2006.

REGATIERI, I.; BOLIGON, A. A.; BALDI, F.; ALBUQUERQUE, L. G. Genetic analysis of visual scores and their relationships to mature female weight in Nellore breed. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40:100-105, 2011.

REGATIERI, I.; BOLIGON, A. A.; ALBUQUERQUE, L. G. Genetic correlations between mature cow weight and productive and reproductive traits in Nellore cattle. **Genetic and Molecular Research**, 11:2979-2986, 2012.

RÍOS-Utrera, Á.; HERNADEZ-HERNANDEZ, V. D.; AMEZCUA-MANJARRÉZ, E.; ZÁRATE-MARTINEZ, J. P. Heredabilidad de características reproductivas de Vacas InduBrasil. **Agronomía Mesoamericana**, 24: 293-300, 2013.

RIBEIRO, M.N.; PIMENTA FILHO, E.C.P.; MARTINS, G.A.; SARMENTO, J.L.R.; MARTINS FILHO, R. Herdabilidade para efeitos direto e materno de características de crescimento de bovinos Nelore no estado de Paraíba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30:1224-1227, 2001.

RITCHIE, H.D. The optimum cow: what criteria must she meet? In: BEEF IMPROVEMENT FEDERATION ANNUAL CONFERENCE, Sheridan, Proceedings...Sheridan: Beef Improvement Federation. p.126-145, 1995.

ROCHA, J.C.M.C.; TONHATI, H.; ALENCAR, M.M.; LÔBO, R.B. Componentes de variância para o período de gestação em bovinos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 57: 784-791, 2005.

ROCHE, J. R.; MACDONALD, K. A.; BURKE, C. R.; LEE, J. M.; BERRY, D. P. Associations among body condition score, body weight and reproductive performance in seasonal-calving dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 1, p.376-391, 2007.

ROVIRA, J. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo: Ed. Hemisferio Sur, 1996. 288p.

SANTANA, M. L. Jr.; ELER, J. P.; BIGNARDI, A. B.; FERRAZ, J. B. Two-trait random regression model to estimate the genetic association of scrotal circumference with female reproductive performance in Nelore cattle. **Theriogenology** 83:1534-1540, 2015.

SANTOS, S. A.; ABREU, U. G. P.; SOUSA, G. S.; CATTO, J. B. Condição corporal, variação de peso e desempenho reprodutivo de vacas de cria em pastagem nativa do Pantanal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 2, p.354-360, 2009.

SILVA, J.A.V.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S.; OLIVEIRA, H.N. Análise genética da habilidade de permanência em fêmeas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32 p.598-604, 2003.

SILVA, L.N.; GASPARINO, E.; TORRES JÚNIOR, R.A.A; EUCLIDES FILHO, K.; SILVA, L.O.C.; ALENCAR, M.M.; SOUZA JÚNIOR, M.D.; BATISTELLI, J.V.F.; SILVA, S.C.C. Repeatability and genotypic correlations of reproductive and productive traits of crossbred beef cattle dams. **Genetics and Molecular Research**, v.14 p.5310-5319, 2015.

SILVEIRA, D.D.; SOUZA, F.R.P.; BRAUNER, C.C.; AYRES, D.R.; SILVEIRA, F.A.; DIONELLO, N.J.L.; BOLIGON, A.A. 2015. Body condition score of Nelore cows and its relation with mature size and gestation length. **Livestock Science** 175:10–17, 2015.

SMITH, B.J., 2005. Bayesian Output Analysis Program (BOA) for MCMC. /<http://www.public-health.uiowa.edu/boa/S> (acessado: maio de 2014).

TERAKADO, A. P. N.; BOLIGON, A. A.; BALDI, F.; SILVA, J. A. II V.; ALBUQUERQUE, L. G. Genetic associations between scrotal circumference and female reproductive traits in Nelore Cattle, **Journal of Animal Science**, v.93 p.2706-2713, 2015.

VAN MELIS, M.H.; OLIVEIRA, H.N.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S.; CASELLAS, J.; VARONA, L. Additive genetic relationship of longevity with fertility and production traits in Nellore cattle based on bivariate models. **Genetics and Molecular Research** v.9 p.176-187, 2010.

VAN TASSEL, C. P., CASELLA, G., POLLAK, E. J. et al. Effects of selection on estimates of variance components using Gibbs sampling and restricted maximum likelihood. **Journal of Dairy Science**, v. 78, p. 678-692, 1995

YAGÜE, G.; GOYACHE, F.; BECERRA, J.; MORENO, C.; SANCHEZ, L.; ALTARRIBA, J. 2009. Bayesian estimates of genetic parameters for pre-conception traits, gestation length and calving interval in beef cattle. **Animal Reproduction Science**, v.14 p.72-80, 2009.

YOKOO, M.J.I.; ALBUQUERQUE, L.G.; LOBO, R.B.; SAINZ, R.D.; CARNEIRO JÚNIOR, J.M.; BEZERRA, L.A.F.; ARAÚJO, F.R.C. 2007. Estimativas de parâmetros genéticos para altura do posterior, peso e circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36 p.176–1768, 2007.

YOKOO, M.J.; LOBO, R.B.; MAGNABOSCO, C.U.; ROSA, G.J.M.; FORNI, S.; SAINZ, R.D.; ALBUQUERQUE, L.G. Genetic correlation of traits measured by ultrasound at yearling and 18 months of age in Nellore beef cattle. **Livestock Science**, v.180 p.34-40, 2015.