

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**ESTUDO GENÉTICO QUANTITATIVO DE CARACTERÍSTICAS
MORFOLÓGICAS, PRODUTIVAS, REPRODUTIVAS E DE CARÇAÇA
EM BOVINOS NELORE**

Byanka Bueno Soares

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Ulhoa Magnabosco

GOIÂNIA

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES
E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese

2. Nome completo do autor

BYANKA BUENO SOARES

3. Título do trabalho

Estudo genético quantitativo de características morfológicas, produtivas, reprodutivas e de carcaça em bovinos Nelore

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);
- b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **CLAUDIO ULHOA MAGNABOSCO, Usuário Externo**, em 23/03/2021, às 10:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **BYANKA BUENO SOARES, Usuário Externo**, em 23/03/2021, às 12:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1955898** e o código CRC **80A46D54**.

BYANKA BUENO SOARES

**ESTUDO GENÉTICO QUANTITATIVO DE CARACTERÍSTICAS
MORFOLÓGICAS, PRODUTIVAS, REPRODUTIVAS E DE CARÇAÇA
EM BOVINOS NELORE**

Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia junto a Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás.

Área de Concentração:

Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. Cláudio Ulhoa Magnabosco –
Embrapa/CNPq/UFG

Comitê de orientação:

Prof. Dr. Adriana Santana do Carmo – UFG
Prof. Dr. Fernando S. Baldi Rey–
UNESP/Jaboticabal

GOIÂNIA

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Soares, Byanka Bueno
ESTUDO GENÉTICO QUANTITATIVO DE CARACTERÍSTICAS
MORFOLÓGICAS, PRODUTIVAS, REPRODUTIVAS E DE CARCAÇA
EM BOVINOS NELORE [manuscrito] / Byanka Bueno Soares. - 2021.
CXVII, 117 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Ulhoa Magnabosco; co-orientador
Dr. Fernando Sebastian Baldi Rey; co-orientador Adriana Santana do
Carmo.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola
de Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, Goiânia, 2021.

Bibliografia.

Inclui siglas, abreviaturas, símbolos, gráfico, tabelas, lista de
figuras, lista de tabelas.

1. amostragem de Gibbs. 2. associação genética. 3. características
morfológicas. 4. zebuínos. I. Magnabosco, Cláudio Ulhoa, orient. II.
Título.

CDU 635

24/02/2021

SEI/UFG - 1888357 - Ata de Defesa de Dissertação



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 87 da sessão de Defesa de Dissertação de **Byanka Bueno Soares** que confere o título de **Mestre (a) em Zootecnia** pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na área de concentração em Produção Animal.

Aos **23 dias do mês de fevereiro de dois mil e vinte e hum – (23/02/2021)** a partir da(s) **13h00min**, no Auditório do Núcleo de Comunicação Organizacional (NCO) da Embrapa Arroz e feijão, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “**Estudo genético quantitativo de características morfológicas e sua associação com desempenho produtivo, reprodutivo e carcaça em bovinos nelore**”. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, **Cláudio Ulhoa Magnabosco – Embrapa Cerrados** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Leonardo de França e Melo** - Escola de Veterinária e Zootecnia/UFG, membro titular externo; **Arthur dos Santos Mascioli** - Escola de Veterinária e Zootecnia/UFG, membro titular interno. Durante a arguição os membros da banca **FIZERAM** sugestão de alteração do título. do trabalho conforme explicitado abaixo. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação tendo sido a candidata **Aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados, eu **Cláudio Ulhoa Magnabosco – Embrapa Cerrados**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

“Estudo genético quantitativo de características morfológicas, produtivas, reprodutivas e de carcaça em bovinos Nelore”



Documento assinado eletronicamente por **Arthur Dos Santos Mascioli, Coordenador de Curso**, em 23/02/2021, às 18:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Leonardo De França E Melo, Professor do Magistério Superior**, em 23/02/2021, às 18:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **CLAUDIO ULHOA MAGNABOSCO, Usuário Externo**, em 23/02/2021, às 18:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1888357** e o código CRC **1CC2ABA5**.

Referência: Processo nº 23070.009358/2021-11

SEI nº 1888357

Mulher, ainda que seus olhos sejam um pedido de socorro, pegue cada lagrima e regue seus sonhos. Amanhã será um dia extraordinário. Se prepare para ver e viver a colheita de cada sonho que plantou, você é luz! É hora de iluminar o mundo.

Naiara Pereira

A Deus, meu protetor e guia.

Aos meus pais Josiane Bueno e Hélio José e ao meu irmão Bruno Bueno pelo amor, educação, apoio e incentivo durante minha vida.

Vocês são meus maiores exemplos de perseverança, amor e honestidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus que me deu forças durante esta jornada, me confortou nos momentos tristes e mostrou que há sempre uma luz onde tudo parece escuridão, me ensinou que devemos amar e sempre perdoar o próximo, me ensinou a reconhecer o verdadeiro valor das amizades e colocou pessoas maravilhosas no caminho que quero levar comigo para resto da vida.

Agradeço a minha mãe Josiane Bueno Bezerra que nunca poupou esforços para tornar meus sonhos realidade, que acreditou em mim quando nem eu mesma acreditava, uma verdadeira guerreira desde que veio ao mundo, mulher que foi exemplo de honestidade, amor, perseverança, mulher de fibra.

Ao meu pai Hélio José Soares, exemplo de amor e honestidade, obrigada pela educação, amor e me proporcionar tudo que esteve ao seu alcance.

Meu irmão Bruno Bueno, minha tia Juliane Bueno e ao meu tio Reginaldo que sempre me apoiaram e ajudaram a tornar tudo isso realidade.

Ao meu “namorado” Gustavo de Sá Ferreira, pelo amor, paciência, companheirismo durante estes dois anos. Obrigada por sempre estar ao meu lado!

Ao meu orientador Dr. Cláudio Magnabosco pelo incentivo, pela orientação e pela confiança depositada em mim para execução deste trabalho. Receba o meu sincero obrigada e gratidão!

Aos meus coorientadores, Dr. Adriana Carmo e Dr. Fernando Baldi, pelos ensinamentos, auxílio na execução das análises, discussões e contribuições sobre o trabalho

À Ludmilla Brunes, profissional exemplar, agradeço pela amizade, pelo apoio incondicional, pelo esforço em me fazer sentir bem e em me fazer acreditar em mim mesma. Dizer obrigada, às vezes, não é o suficiente para agradecer a tão amável e gentil pessoa que nos momentos das nossas vidas, aqueles mais difíceis, nos estende a mão amiga e nos oferece amparo. A você o meu muito obrigada por ser tão amiga, por ser a melhor “coorientadora” que poderia ter!

A todos amigos que me apoiaram e me ajudaram nesta longa jornada acadêmica, por serem parte da minha vida, da minha formação profissional, Leticia Pereira, Rafael Assunção, Adriano Crozara, Raissa Viana e Renata Borges. Obrigada pela amizade, companheirismo nos momentos de tristeza e risadas nos momentos de alegria, sem dúvidas vocês contribuíram de forma significativa na minha vida.

Aos amigos do PILP/Centro de Desempenho Animal da Embrapa Arroz e Feijão, nos nomes de Dr. Eduardo Eifert, Dr. Marcos Fernando, Eli Abreu, Pedro Sanches, Eduardo Abbadia e Ângelo André pelo comprometimento, ajuda, empenho e amizade.

Aos professores e funcionários da Escola de Veterinária e Zootecnia/UFG e do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da EVZ/UFG, pelos ensinamentos, dedicação, colaboração, incentivo e pela formação acadêmica.

À Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP) pela concessão dos dados utilizados, em nome do pesquisador Dr. Raysildo Lobo.

À HoRa Hofig Ramos, Luiz Tavares e Edivandro, por possibilitarem tantas coletas e utilização de dados, pelo acolhimento e por acreditarem na pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior CAPES DS pela concessão da bolsa de estudos e apoio financeiro (Processo nº 23070.045460/2020-91). Obrigada pela oportunidade.

Aos que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

Meu muito obrigada!

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Características de crescimento.....	4
2.2 Características reprodutivas.....	6
2.3 Características de carcaça.....	9
2.4. Caraterísticas morfológicas	11
2.5 Modelos de limiar.....	22
2.6 Inferência Bayesiana e Método de Monte Carlo via Cadeia de Markov.....	25
3. REFERÊNCIAS	31
CAPÍTULO 2 – PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, DESEMPENHO E DE CARCAÇA EM BOVINOS NELORE	41
1. INTRODUÇÃO.....	43
2. MATERIAL E MÉTODOS	45
2.1 Informações gerais sobre a base de dados	45
2.2 Características avaliadas.....	45
2.3 Consistência dos dados.....	46
2.4 Estimação dos componentes de (co)variância e parâmetros genéticos	47
2.5 Resposta à seleção	51
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4. CONCLUSÃO.....	68
5. REFERÊNCIAS	69
CAPITULO 3 - ASSOCIAÇÃO DE ESCORES VISUAIS COM CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS EM BOVINOS NELORE UTILIZANDO INFERÊNCIA BAYESIANA 76	
1. INTRODUÇÃO.....	78
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	80
2.1 Informações gerais sobre a base de dados	80
2.2 Características avaliadas.....	80
2.3 Consistência dos dados.....	81
2.4 Estimação dos componentes de (co)variância e parâmetros genéticos	83
2.5 Resposta à seleção	85
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	87

4. CONCLUSÃO.....	96
5. REFERÊNCIAS	97
CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	102

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 - REVISÃO DE LITERATURA

FIGURA 1 -	Representação ilustrativa dos locais das medidas de área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea na costela (EG) e espessura de gordura subcutânea na garupa (EGP8), medidas por ultrassonografia de carcaça em bovinos de corte.....	11
FIGURA 2 -	Representação ilustrativa da avaliação visual da característica de musculosidade: avaliando a distribuição das massas musculares, região da paleta, dorso-lombar e traseiro.....	13
FIGURA 3 -	Representação ilustrativa de defeitos desclassificatórios na avaliação de estrutura física: pinças voltadas para dentro; aprumos cambotas; baixo de quartela; aberto de diante.....	14
FIGURA 4 -	Representação ilustrativa de defeitos desclassificatórios na avaliação de aspectos raciais: desvio de chanfro; espelho nasal despigmentado, lambida: parte despigmentada com formato de um triângulo ocupando 1/3 do espelho.....	15
FIGURA 5 -	Representação ilustrativa da avaliação da característica visual de conformação: relacionando profundidade de costelas e altura dos membros.....	16
FIGURA 6 -	Representação e ilustrativa da avaliação da característica visual de conformação: animal visto de frente, deve apresentar amplitude torácica.....	16
FIGURA 7 -	Representação ilustrativa da avaliação da característica visual ônfalo. Referência para escore de umbigo (3) indicando equilíbrio da característica; escore 1: bainhas muito reduzidas; escore 5: bainhas muitos pendulosas.....	17
FIGURA 8 -	Representação ilustrativa da avaliação da característica visual sacro.....	18
FIGURA 9 -	Lote de animais da raça Nelore, pertencentes ao mesmo GC avaliados pela metodologia de avaliação visual MERCOS. Lote de vacas (a), machos (b) e novilhas (c).	19
FIGURA 10 -	Gráficos do tipo <i>Trace Plots</i> das variâncias <i>versus</i> iterações obtidas em cadeias de Markov.....	29

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

TABELA 1 - Escalas de escores das avaliações visuais pela metodologia MERCOS.... 17

CAPÍTULO 2 - PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, DESEMPENHO E DE CARÇAÇA EM BOVINOS NELORE

TABELA 1 - Distribuição (%) para as características de escores visuais em bovinos Nelore 47

TABELA 2 - Estatística descritiva das características de crescimento, carcaça e escores visuais em bovinos da raça Nelore. 49

TABELA 3 - Estimativas *a posteriori* dos componentes de variância para características de crescimento, carcaça e escores visuais em bovinos Nelore 54

TABELA 4 - Estimativas *a posteriori* das correlações genéticas, residuais e fenotípicas entre características de escores visuais em bovinos Nelore..... 59

TABELA 5 - Eficiência relativa de seleção (%) para musculatura (M), estrutura (E), aspectos raciais (R), conformação (C), ônfalo (O) e osso sacro (SAC) quando é realizado seleção direta para outros escores visuais, características de crescimento e carcaça em bovinos Nelore..... 60

TABELA 6 - Estimativas *a posteriori* das correlações genéticas, residuais e fenotípicas entre características de escores visuais e crescimento em bovinos Nelore..... 62

TABELA 7 - Estimativas *a posteriori* das correlações genéticas, residuais e fenotípicas entre características de escores visuais e carcaça em bovinos Nelore..... 65

CAPÍTULO 3 - ASSOCIAÇÃO DE ESCORES VISUAIS COM CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS EM BOVINOS NELORE UTILIZANDO INFÊRENCIA BAYESIANA

TABELA 1 - Distribuição (%) para as características de escores visuais em bovinos Nelore..... 82

TABELA 2 - Estatística descritiva das características de reprodução e escores visuais em bovinos da raça Nelore..... 82

TABELA 3 - Estimativas *a posteriori* dos componentes de variância para características de reprodução e escores visuais em bovinos Nelore..... 88

TABELA 4 - Estimativas a <i>posteriori</i> das correlações genéticas, residuais e fenotípicas entre características de escores visuais e reprodução em bovinos Nelore.....	91
TABELA 5 - Eficiência relativa de seleção (%) para musculatura (M), estrutura física (E), aspectos raciais (R), conformação (C), ônfalo (O), e osso sacro quando é realizada seleção direta para características de reprodução em bovinos Nelore.....	92

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

3P	Probabilidade de parto precoce
A	Aprumos e estrutura óssea
ANCP	Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores
AOL	Área de olho de lombo
BLUP	Melhor preditor linear não viesado
C	Conformação
CEIP	Certificado Especial de Identificação e Produção
E	Estrutura física
EC	Escores de Conformação
EG	Espessura de gordura subcutânea
EGP8	Espessura de gordura na garupa
G	Ausência de gordura excessiva
GC	Grupo de contemporâneo
GLMM	Linear Misto Generalizado
h^2	Herdabilidade
IPP	Idade ao Primeiro Parto
IVP	Idade da vaca ao parto
M	Musculatura
MCMC	Monte Carlo via cadeias de Markov
O	Ônfalo
P	Precocidade
P120	Peso aos 120 dias de idade
P210	Peso aos 210 dias de idade
P365	Peso aos 365 dias de idade
P450	Peso aos 450 dias de idade
P550	Peso à idade adulta
PE	Perímetro escrotal
PE365	Perímetro escrotal aos 365 dias de idade
PE450	Perímetro escrotal aos 450 dias de idade
PIB	Produto interno bruto
PROMEBO	Programa de Melhoramento de Bovinos
R	Aspectos raciais
REML	Máximo verossimilhança restrita
RES	Eficiência relativa de seleção
SAC	Sacro
STAY	Stayability
T	Tamanho do esqueleto
U	Umbigo

RESUMO

Objetivou-se, com esse estudo, estimar os parâmetros genéticos de características indicadoras de biótipo funcional através da metodologia MERCOS bem como a inter-relação existente entre estas e características de desempenho, de carcaça e reprodutivas, em bovinos Nelore utilizando Inferência Bayesiana. O arquivo de dados utilizados continha informações de 12.060 bovinos da raça Nelore nascidos entre 2001 a 2020, pertencentes a HoRa Hofig Ramos. Foram utilizados dados de escores visuais de 4.175 bovinos da raça Nelore, como musculosidade (M), estrutura (E), racial (R), conformação (C), ônfalo (O) e osso sacro (SAC). Além disso, foram avaliadas características de peso aos 120 (P120), 210 (P210), 365 (P365) e 450 (P450) dias de idade, área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EG), espessura de gordura na garupa (EGP8), perímetro escrotal aos 365 (PE365) e 450 (PE450) dias de idade, stayability (STAY), probabilidade de parto precoce (3P) e idade ao primeiro parto (IPP). As informações de genealogia, utilizadas para compor a matriz de parentesco foram fornecidas pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores. Foram realizadas análises bayesianas bicaracterísticas adotando-se modelo linear-limiar para combinação de características lineares e categóricas, ou limiar-limiar quando ambas medidas analisadas eram categóricas. As estimativas de herdabilidade obtidas apresentam grande amplitude, variando de baixa a alta magnitude: 0,21; 0,28; 0,25; 0,25; 0,15; 0,18; 0,27; 0,28; 0,34; 0,44; 0,42; 0,46; 0,46; 0,50; 0,53; 0,38; 0,54 e 0,10 para M, E, R, C, O, SAC, P120, P210, P365, P450, AOL, EG, EGP8, PE365, PE450, STAY, 3P e IPP, respectivamente. Esses resultados indicam viabilidade de seleção e obtenção de ganhos genéticos, principalmente para características de crescimento, carcaça, perímetro escrotal, STAY e 3P e para escores visuais de musculatura, estrutura física, aspectos raciais e conformação. As estimativas de herdabilidade materna para P120 e P210 foram: 0,16 e 0,13, respectivamente, indicando efeitos genéticos das matrizes no desempenho das progênies até a fase da desmama, para características de crescimento. As correlações genéticas entre escores visuais foram positivas e de magnitude moderada a alta, variando de 0,25 a 0,89, com exceção da correlação genética obtida entre os escores visuais O e SAC. As correlações genéticas entre características de escores visuais e de crescimento foram, de maneira geral, moderadas a altas, com exceção entre R com P365 e P450, C com P210 e P450, O com P120, P210 e P450, e SAC com P210, P365 e P450 que foram baixas. As correlações genéticas entre característica de escores visuais e carcaça foram, de maneira geral, baixas, com exceção entre AOL com E e SAC que foram moderadas. As correlações genéticas entre característica de escores visuais e reprodução foram, de maneira geral, baixas, com exceção entre M com 3P, E com STAY, R com PE450, C com PE365, PE450, STAY e IPP, O com STAY e IPP, e SAC com PE365, STAY e IPP, que foram moderadas. As estimativas de correlação genética indicam que a seleção direta para as características de escore visual pode influenciar o peso corporal e vice-versa, sendo essas respostas favoráveis. Ainda assim, espera-se maior ganho genético para escores visuais se a seleção for realizada diretamente para eles, do que seleção para crescimento, reprodução e carcaça. Contudo, a seleção para P365 e P450 pode resultar em maiores ganhos genéticos em M e a seleção para AOL em SAC, do que a seleção direta para essas características. A seleção de animais com maiores notas, principalmente, para escores de M, E e C podem ser utilizados como critério de seleção com objetivo de obtenção de progresso genético para crescimento, precocidade e fertilidade sexual em animais da raça Nelore.

Palavras-chave: amostragem de Gibbs, associação genética, características morfológicas, zebuínos.

ABSTRACT

The aim of this study was to estimate the genetic parameters of functional biotype indicator traits through the MERCOS methodology as well as the relationship between these and performance, carcass, and reproductive traits, in Nellore cattle using Bayesian Inference. The data set used contained information on 12,060 Nellore cattle born between 2001 and 2020, provided by HoRa Hofig Ramos. Visual scores data set from 4,175 Nellore cattle were used, such as muscling (M), physical structure (PS), racial (R), conformation (C), navel (N), and sacrum bone (SAC). Besides, body weights at 120 (W120), 210 (W210), 365 (W365), and 450 (W450) days of age, rib eye area (REA), backfat thickness (BF), rump fat thickness (RF), scrotal circumference at 365 (SC365) and 450 (SC450) days of age, stayability (STAY), probability of precocious calving (PPC) and age at first calving (AFC). The genealogy information used to compose the kinship matrix was provided by the National Association of Breeders and Researchers. Bi-trait Bayesian analyzes were performed using a linear-threshold model to combine linear and categorical traits, or threshold-threshold, when both traits analyzed, were categorical. The heritability estimates obtained are very wide, varying from low to high magnitude: 0.21; 0.28; 0.25; 0.25; 0.15; 0.18; 0.27; 0.28; 0.34; 0.44; 0.42; 0.46; 0.46; 0.50; 0.53; 0.38; 0.54 and 0.10 for M, BS, R, C, N, SAC, W120, W210, W365, W450, REA, BF, RF, SC365, SC450, STAY, PPC and AFC, respectively. These results indicate genetic selection feasibility and obtaining genetic gains, mainly for growth, carcass, scrotal circumference, STAY, PPC and visual scores as muscling, physical structure, racial and conformation. Still, genetic selection for visual scores is feasible. The maternal heritability estimates for W120 and W210 were: 0.16 and 0.13, respectively, indicating dam genetic effects on the progenies' performance until the weaning, for growth traits. The genetic correlations between visual scores were positive and from moderate to high, ranging from 0.25 to 0.89, except for the estimates obtained between visual scores N and SAC. The genetic correlations between visual scores and growth traits were, in general, moderate to high, except for R with W365 and W450, C with W210 and W450, O with W120, W210, and W450, and SAC with W210, W365, and W450 that were low. The genetic correlations between visual scores and carcass traits were, in general, low, except for REA with PS and SAC, which were moderate. The genetic correlations between visual scores and reproduction traits were generally low, except for M with PPC, PS with STAY, R with SC450, C with SC365, SC450, STAY and AFC, N with STAY and AFC, and SAC with SC365, STAY, and AFC, which were moderate. Estimates of genetic correlation indicate that direct selection for visual score traits may influence body weight and vice versa, and these responses are favorable. Even so, higher genetic gain for visual scores is expected if the selection is carried out directly for them, than selection for growth, reproduction, or carcass traits. However, selection for W365 and W450 may result in higher genetic gains in M and selection for REA in SAC, than direct selection for these traits. The selection of animals with higher scores, mainly for M, PS, and C scores can be used as selection criteria to get genetic gain for growth, sexual precocity, and fertility in Nellore cattle.

Keyword: genetic association, Gibbs sampling, morphological traits, Zebu.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o agronegócio tem sido uma importante atividade econômica nacional. Em 2019 o setor pecuário foi responsável por aproximadamente 27,4% do produto interno bruto (PIB) do agronegócio, valor que representou 8,5% do PIB do Brasil em 2019¹⁻². A expressiva contribuição advém do número de animais utilizados para a produção, sendo o maior rebanho efetivo (214,69 milhões) e um dos maiores produtores de carne mundial¹, resultando no destaque do Brasil no mercado nacional e internacional.

A raça Nelore e seus cruzamentos representam juntas 80% do rebanho nacional, sendo, em grande parte, responsável pela composição genética do rebanho brasileiro³. A representatividade dessa raça pode ser atribuída às características de adaptabilidade em diferentes condições de manejo, alta fertilidade, tolerância natural a parasitas, eficiência na conversão de gramíneas tropicais, rusticidade e longevidade, além de possuir grande variabilidade genética, o que significa viabilidade para a seleção genética⁴. Além dos animais puros de origem (PO), uma das categorias que vem ganhando espaço no mercado de genética Nelore são os animais com Certificado Especial de Identificação e Produção (CEIP), certificação regulamentada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA)⁵. Para receber esse certificado, o animal é avaliado quanto ao desempenho produtivo, reprodutivo e características morfológicas (apresentar ausência de defeitos físicos e problemas sanitários), sendo somente os 20% dos melhores indivíduos da safra dentro do grupo de avaliação aptos a receber o CEIP⁶.

Apesar dos números expressivos e da contribuição da raça Nelore, os sistemas de produção de bovinos de corte exigem constantemente a busca por tecnologias capazes de aumentar a rentabilidade da atividade e torna-la mais competitiva. Diante disso, uma das ferramentas mais importantes e utilizadas pelos pecuaristas é a avaliação genética do rebanho, a qual permite identificar e selecionar animais geneticamente superiores, incorporando genes favoráveis às características de interesse econômico dentro do sistema de produção⁷.

Segundo Costa et al.⁸ no ramo da pecuária de corte quando o objetivo é produzir qualidade de carne, utilizam-se como critério de seleção, principalmente, as características de crescimento por serem facilmente mensuráveis e apresentarem estimativas de herdabilidade de média a alta magnitude, respondendo bem ao processo de seleção.

Todavia a seleção baseada somente em peso e ganhos em peso a determinadas idades não é muito eficaz para atender as demandas mercadológicas, financeiras e econômicas, uma vez que não expressam todo o potencial produtivo dos animais. Assim, é necessário selecionar animais pensando na precocidade sexual, potencial de crescimento e terminação, juntamente a qualidade de carcaça e índices produtivos^{11,9,10-11}, além de critérios adicionais, como as características visuais.

Nesse contexto, a avaliação visual pode auxiliar na leitura crítica da morfologia dos animais que podem variar de ultra precoces a extremamente tardios, ressaltando que extremos não são desejáveis e o alvo são animais equilibrados com o ambiente em que estão sendo criados¹². Nesse sentido, não existe um tipo morfológico mais eficiente para todos os sistemas de produção, mas tipos morfológicos mais eficientes para diferentes ambientes e objetivos de produção^{13,14}. Além disso, a avaliação por meio de escores visuais auxilia na identificação precoce de animais que apresentam algum tipo de defeito que pode comprometer o sistema de produção, assim, a avaliação visual veio para ser utilizada como instrumento complementar para outras características de importância econômica.

Desse modo o pecuarista precisa definir os objetivos de seleção, considerando que na pecuária assim como qualquer outra atividade, dispõe de especialidades, conforme o ciclo de vida do animal, ou seja, para cada fase tem-se um perfil produtivo e um produto final diferente a ser ofertado. Por exemplo, na fase de cria, busca-se fertilidade para matrizes (produzir bezerros), maior taxa de desfrute, bezerros pesados; na recria, desenvolvimento animal, formação da estrutura, animal recriado em menor tempo; na engorda, aumento do peso em curto prazo, acabamento de carcaça, animal com maior acúmulo de massas musculares e com maior peso. Assim o pecuarista precisa ter essa definição de como seus objetivos produtivos e, posteriormente, fazer uma junção do biótipo produtivo e morfológico do animal como critério de seleção adicional.

Várias são as metodologias utilizadas nos programas de melhoramento genético animal para seleção de animais por meio dos escores visuais. Lôbo¹⁵, com o objetivo de identificar animais que reunissem o maior número de características de importância econômica e com potencial para auxiliar na seleção de aspectos relacionados a composição de peso e carcaças mais padronizadas, propôs a metodologia de avaliação denominado como MERCOS, através do Programa Nelore Brasil. Esse método de avaliação é realizado com base numa escala de pontuação reduzida para característica avaliada: musculatura (M), estrutura física (E), aspectos raciais (R), conformação (C), ônfalo (O), (escala de 1 a 5 pontos), aspectos sexuais (S) (escala de 1 a 2 pontos), a metodologia adota um sistema de

notas conceituais e relativas ao grupo de contemporâneo (GC), procurando uma melhor distribuição dos escores.

Nesse contexto, a seleção baseada em escores visuais pode auxiliar em mudanças genéticas efetivas em rebanhos de bovinos de corte, visto que as estimativas de herdabilidade (h^2) obtidas para as características avaliadas variam de baixa a alta magnitude^{11,16,17,18,19,20,21,22}, correlações genéticas com outras características de interesse econômico, como, os pesos em diferentes idades são de alta moderada a alta magnitude e favoráveis^{23,17}. Além disso, a seleção de animais com melhores escores visuais auxilia a produção de fêmeas sexualmente precoces, com maior permanência no rebanho e de maior peso aos 450 dias de idade, visto que as correlações genéticas obtidas na literatura entre idade ao primeiro parto (IPP), probabilidade de parto precoce (3P) e Stayability (STAY) com características de avaliação visual (E, P e M) e peso, são favoráveis. Da mesma forma, a seleção direta para características visuais poderá auxiliar em melhorias na característica de perímetro escrotal, pois apresentam correlações genéticas positivas, favoráveis e de moderada magnitude²⁴. Em adição, Yooko et al.²⁵ e Faria et al.²⁶ relatam que os escores visuais para M, E e C podem ser usados com critérios auxiliares de seleção no intuito de obter progresso genético para características de área de olho de lombo e maior rendimento de carcaça.

Assim, o aprimoramento de metodologias de estimação de parâmetros genéticos para escores visuais, tem sido uma busca constante dos pesquisadores, pois os mesmos precisam ser estimados com acurácia para que a predição de valores genéticos seja o mais próximo possível dos valores reais, e assim, representar um instrumento eficaz ao selecionador na busca do progresso genético do rebanho. Diante disso, a inferência bayesiana é uma alternativa para solucionar problemas relacionados à avaliação genética de dados categóricos²¹. De acordo com Van Tassel et al.²⁷, a aplicação de modelos bayesianos de limiar na avaliação genética de características categóricas poderá gerar uma melhor identificação de genótipos superiores, através da sua capacidade de combinar novas evidências com conhecimentos anteriores por meio do uso da regra de Bayes.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo estimar os parâmetros genéticos de características de avaliação visual e sua relação com características de crescimento, reprodução e carcaça em bovinos da raça Nelore, e conseqüentemente, determinar a melhor forma de inclusão destas características visuais em programas de melhoramento genético, com intuito de obter progresso genético para um tipo morfológico desejável, através da seleção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A seleção exerce influência direta na escolha de animais geneticamente superiores que serão progenitores da geração subsequente e na determinação da intensidade de uso dos mesmos na reprodução. Esse processo tem como objetivo aumentar a frequência de genes favoráveis, a eficiência econômica do sistema de produção e/ou mudança da constituição genética da população, buscando a diminuição dos custos dispendidos com as etapas dos ciclos de produção. Assim, a seleção apresenta a vantagem de proporcionar ganhos cumulativos, uma vez que a superioridade genética dos progenitores é repassada a suas progênes, de geração em geração¹⁴.

Nessa revisão, procura-se apresentar algumas características utilizadas como ferramentas de seleção em programas de melhoramento genético de bovinos de corte, dentre elas destacam-se: características de desenvolvimento ponderal, de carcaça, reprodutivas e morfológicas.

2.1 Características de Crescimento

Características ponderais são as mais utilizadas como critério de seleção nos programas de seleção de bovinos de corte^{11,16}. A adoção dos pesos como critério de seleção justifica-se por ser de fácil mensuração, estar diretamente ligadas à produção de carne, positivamente correlacionada com outras características de interesse econômico e terem expressiva resposta ao processo de seleção^{28,29,30}, atribuída ao fato de suas estimativas de herdabilidade serem de moderadas a altas^{31,32}.

A mensuração dos pesos em diferentes idades ocorre devido ao impacto que cada fase exerce sob a vida do animal^{31,33}. Em geral, são avaliados nos animais, o peso aos 120 de idade (P120)³⁴ ou peso pré-desmama, peso á desmama (P210)²⁹, peso ao ano ou aos 365 dias de idade (P365)^{29,34}, peso ao sobreano ou aos 450 dias de idade (P450) e peso à idade adulta (P550)^{16,34}.

Os pesos aos 120 e 210 dias de idade são mensurados com o intuito de avaliar a habilidade materna das matrizes e o potencial de crescimento dos bezerros, sendo influenciados pelo efeito dos genes do próprio animal para crescimento (efeito direto) e também o efeito dos genes da matriz que influenciam o desempenho da progênie (efeito materno)^{35,36}. A influência exercida pela matriz sobre os pesos pré-desmama, que forma o ambiente materno, para a progênie é considerada uma influência ambiental, entretanto as diferenças entre o potencial materno das matrizes são determinadas por fatores genéticos e do

meio. Assim, a matriz influencia o crescimento de sua progênie através dos genes que transmite e do ambiente materno que ela proporciona^{34,37}.

Objetivando descrever a variabilidade genética e a estimação dos parâmetros genéticos para peso corporal, utilizando modelos de regressão aleatória em uma população de bovinos Nelore Araújo et al³¹, relataram estimativa média de h^2 igual a 0,02. Embora essa estimativa tenha sido baixa, a maior resposta a seleção para h^2 materna pode ser esperada se o processo de seleção for realizado baseando-se em pesos obtidos próximos a desmama, justificado pelo fato de que nesse período é observado maiores valores para variância genética materna. De fato, Lopes et al³⁸ encontraram estimativas de herdabilidade superiores de 0,32 e 0,29 para P120 e P210, respectivamente, utilizando modelo multi-características por meio de métodos bayesianos.

Assim a seleção para habilidade materna resulta em matrizes com maior potencial genético para produção de leite, que é o principal componente do efeito materno, e essa característica é antagônica ao desenvolvimento ponderal^{31, 38}. Para efeito direto os coeficientes de h^2 encontrados oscilaram de 0,14 a 0,28 e 0,17 a 0,36 para P120 e P210, respectivamente^{31,34,38,39}.

Após o período da desmama, é avaliado o P365 (peso ao ano), característica que está vinculada ao potencial de expressão dos genes do próprio animal, é a partir deste peso que a seleção dos animais deve ser mais criteriosa³⁶. As estimativas de h^2 de efeito genético direto para P365 são de moderada a alta magnitude, variando de 0,33³¹ a 0,49³⁸, obtidas utilizando modelos de regressão aleatória e inferência bayesiana, respectivamente. É importante ressaltar que com o avançar da idade, a influência do efeito materno sobre a progênie apresenta redução, embora possa ser observado resquícios de efeito residual^{37,38}. Dessa forma, a inclusão ou não do efeito maternal irá depender do rebanho avaliado.

O P450 e P550, assim como o peso ao ano, refletem o potencial do próprio animal em ganhar peso após o período de desmame. A ampla utilização destes pesos como critério de seleção nos programas de melhoramento genético está atribuída ao fato de serem obtidos próximos a idade de abate ou a fase reprodutiva. Contudo, a seleção para maiores pesos ou ganhos em peso em menores idades pode promover aumento do peso adulto dos animais e, conseqüentemente, aumentaria os custos com manutenção e diminuiria as vantagens econômicas obtida pelo aumento de peso dos animais ao abate¹⁴. A seleção de animais que atinjam a precocidade produtiva irá refletir em maiores ganhos por geração e uma alta produtividade²⁹. Os valores de h^2 para P450 e P550 para animais da raça Nelore são de moderada a alta magnitude, oscilando de 0,35³¹ a 0,44²⁹, para P450, estimados utilizando

modelos de regressão aleatória e frequentista e para P550 de 0,26³² a 0,74³⁶, ambos estimados sob abordagem frequentista.

As variações nas estimativas de herdabilidade de baixa a alta para os pesos em diferentes idades é reflexo do uso de diferentes conjuntos de dados, metodologias estatísticas e informações utilizadas nas análises. Por isso faz-se necessária a utilização de informações consistentes e em quantidades significativas, que permitam a aplicação de modelos de estimação dos efeitos aditivos, maternos e de ambiente permanente materno, sendo úteis para determinar o valor genético do animal e a realização dos processos de seleção¹⁴.

2.2 Características Reprodutivas

A seleção de um rebanho com base na eficiência reprodutiva e na precocidade sexual são cruciais para o sucesso econômico do sistema de produção. Rebanhos detentores de alta fertilidade possuem maior disponibilidade de animais, tanto para venda como para seleção, permitindo maior viabilidade econômica ao sistema, aumento da intensidade de seleção, bem como a obtenção de maior ganho genético⁴⁰. Entre as características reprodutivas, destacam-se o perímetro escrotal (PE), idade ao primeiro parto (IPP), probabilidade de parto precoce (3P), habilidade de permanência no rebanho ou stayability (STAY)^{41, 42, 43-44}.

Com os programas de melhoramento genético animal é possível aprimorar a produção animal através da precocidade de crescimento e sexual. O PE está diretamente ligado à precocidade e fertilidade sexual do animal. Além disso, é uma característica de fácil mensuração e apresenta variabilidade genética, alta confiabilidade e repetibilidade⁴¹⁻⁴⁵.

A avaliação do PE é, geralmente, avaliada aos 365 e 450 dias de idade (PE365 e PE450). O crescimento testicular apresenta uma função linear quadrática, na qual o crescimento acelera entre 7 e 18 meses de idade, tendo uma tendência de decréscimo a medida que a idade do animal aumenta. Sendo assim, a seleção para PE aos 365 dias se relaciona à precocidade sexual tanto nos machos quanto nas fêmeas, enquanto PE aos 450 dias está relacionada à maior capacidade reprodutiva e a fertilidade sexual⁴⁶. O PE apresenta estimativa de herdabilidade de média a alta magnitude, quando comparado com outras características reprodutivas, avaliadas em fêmeas. Para PE365 os valores de herdabilidade variam de 0,29 a 0,58 e para PE450 de 0,38 a 0,57^{40,41,43,44,47-48}, obtidos através de Inferência Bayesiana e Máxima Verossimilhança Restrita.

Em fêmeas, a IPP⁴⁸, 3P⁴³ e stayability⁴⁹, indicam o potencial para precocidade sexual, fertilidade e longevidade reprodutiva, que juntas são responsáveis por 37% do índice

bioeconômico da raça Nelore no programa de melhoramento genético da Associação dos Criadores e Pesquisadores (ANCP)⁵⁰.

Na pecuária de ciclo curto, quanto mais precoce a novilha, mais rápido é o retorno do investimento feito pelo pecuarista na criação e menor é o custo dispendido com o animal até a idade reprodutiva. Fêmeas que apresentam menor IPP ficam menos tempo ociosas dentro do rebanho, o que acarreta em um maior número de bezerros nascidos, maior retorno econômico, aumento da vida útil do animal, o que possibilita maior intensidade de seleção das fêmeas e redução do intervalo de gerações⁴²⁻⁵¹. Assim, além de ser utilizada como indicadora de precocidade sexual, a IPP por estar relacionada com a idade a puberdade dos animais, é uma característica reprodutiva que apresenta facilidade de mensuração e não implica em custo adicional para coleta dos dados⁵². Porém, deve-se ter cautela com o momento de exposição da fêmea a reprodução para que a coleta da informação de IPP não seja viesada⁴².

As estimativas de herdabilidade encontradas na literatura para IPP em animais da raça Nelore são de baixa a moderada magnitude, variando de 0,08 a 0,25^{40,42,43,44-41}. Porém, Paula et al⁵³ encontrou coeficiente de herdabilidade para IPP de alta magnitude (0,75), utilizando a abordagem Bayesiana. Esses autores relatam que a alta h^2 obtida, ocorre pela meticulosa coleta de dados na propriedade, a inclusão de todas as fêmeas do rebanho nas análises e a não formação de grupos de contemporâneos, fazendo com que todos os animais tivessem as mesmas condições ambientais (alimentação, manejo e clima), o que pode reduzir a influência dos aspectos de manejo sobre os componentes genéticos e as estimativas de h^2 .

Brunes et al⁴⁰, relata que a superioridade de h^2 (0,24) obtida para IPP, pode ser atribuída a seleção para precocidade sexual a qual o rebanho avaliado foi submetido, sendo fêmeas expostas à reprodução a partir de 11 meses, conseqüentemente, se as novilhas forem expostas à concepção em idades precoces, serão obtidas maiores estimativas de herdabilidade. Além disso, a antecipação da idade ao primeiro parto é uma forma de se obter maior eficiência no sistema de produção de bovinos. Entre as principais vantagens em de se antecipar a vida reprodutiva das fêmeas estão o menor tempo para obter retorno do investimento, do número de bezerros produzidos ao longo da vida útil da vaca, uma vez que novilhas que tem a primeira parição antecipada tem a vida produtiva mais longa que as outras fêmeas que iniciam a vida reprodutiva mais tarde, vantagens estas que resultam em maior eficiência econômica na atividade pecuária⁵².

A probabilidade de parto precoce é uma característica que vem ganhando destaque no processo de seleção de animais melhoradores. Definida por Eler et al⁵⁴, a 3P é uma característica de limiar binária obtida da seguinte forma: dado que todas as novilhas tiveram

oportunidade de conceber é atribuído 1 (sucesso) para as que conceberam, e 0 (fracasso) para as que falharam, sendo que, geralmente, a prenhes precoce é determinada entre 14 e 18 meses. A 3P possui algumas vantagens sobre a IPP para ser utilizada como critério de seleção para precocidade sexual, que são: a inclusão de todas as fêmeas para análise, até mesmo novilhas vazias no final da estação de monta, e apresenta valores superiores de estimativas de herdabilidade, o que possibilita maiores ganhos genéticos quando utilizadas como critério de seleção nos programas de melhoramento genético animal⁴³⁻⁵⁵.

As estimativas de herdabilidade para 3P em animais da raça Nelore variam 0,35 a 0,55 sendo consideradas estimativas de moderada a alta magnitude^{56,43,57}, estimadas pela inferência Bayesiana. Esses resultados demonstram que a característica 3P pode ser incluída nos programas de melhoramento genético de bovinos de corte para a seleção para precocidade sexual, respondendo bem ao processo de seleção. No entanto, o manejo correto e uma boa estrutura da propriedade são determinantes para eficiência na mensuração da característica⁵⁸.

A STAY é outra característica que pode ser utilizada como critério para seleção genética de fêmeas para fertilidade e longevidade reprodutiva. Essa característica foi definida por Hudson & Van Vleck⁵⁹, como a probabilidade de a vaca permanecer no rebanho a uma idade específica, dada a oportunidade de alcançar esta idade. Hoje, programas de melhoramento genético animal como a Associação de Criadores e Pesquisadores (ANCP) estabelecem a permanência da fêmea até os 76 meses de idade no rebanho, parindo pelo menos três vezes⁶⁰.

A longevidade da vida produtiva de uma matriz é um indicador influenciado por vários critérios reprodutivos, produtivos e econômicos que leva o sistema de produção a usá-la como método de avaliação da eficiência de animais, utilizando critérios como STAY. A longevidade apresenta alto caráter econômico, levando em consideração que a principal causa de descarte de fêmeas nas propriedades é a falha reprodutiva. A seleção para STAY pode resultar na diminuição dos custos dispendidos com reposição de fêmeas, aumentando o número de animais para comercialização, devido ao maior número de bezerras nascidas e aumentando a proporção de animais adultos mais produtivos no rebanho⁶¹. Assim, a inclusão da STAY em programas de melhoramento de bovinos de corte, auxilia na seleção de animais que vão gerar progênes mais produtivas e longevas⁶¹⁻⁴⁹. Contudo, se a avaliação de STAY for tardia, pode resultar no aumento do intervalo de gerações e uma redução no ganho genético anual⁶¹⁻⁴⁹.

Assim como a 3P, a STAY é uma característica de limiar, binária, atribuindo, valor um (1) ou dois (2) para sucesso e zero (0) ou um (1) para fracasso^{42,43}. Estimando os

parâmetros genéticos, a partir da inferência Bayesiana em bovinos da raça Nelore, Schmidt et al.⁴², Costa et al.⁴⁴, Rizzo et al.⁶², atribuíram valor um (1) para vacas com pelo menos três partos até 76 meses e, para vacas com menos partos valor zero (0). Estes autores encontram estimativas de h^2 de baixa a moderada magnitude de 0,09, 0,14 e 0,25, respectivamente.

Ramos et al.⁴⁹ compararam estimativas de parâmetros genéticos obtidos com os métodos GBLUP tradicional e o ssGBLUP para medidas alternativas de STAY. Os autores utilizaram quatro definições para STAY: a capacidade da fêmea de permanecer no rebanho por 76 meses com quatro (ou mais) partos (STAY64), por 76 meses com três partos (STAY63 - tradicional), 64 meses com três (ou mais) partos (STAY53) e 52 meses com dois partos (STAY42). Esses autores relataram que o método ssGBLUP apresentou maiores estimativas de h^2 , cujos valores para STAY42, STAY53, STAY63 (tradicional) e STAY64 foram 0,09, 0,15, 0,15 e 0,14, respectivamente. Assim, essas variações quanto a definição de stayability podem levar a diferenças nos parâmetros genéticos obtidos para essa característica.

Deve-se ressaltar que parâmetros genéticos para características binárias apresentam maior dificuldade de estimação, apesar de já existirem metodologias apropriadas para sua obtenção. Isso pode ser atribuído ao fato que são avaliações que necessitam de maior volume de dados e também de maiores recursos computacionais. Além disso, pode se encontrar dificuldade para atingir a convergência, uma vez que o algoritmo utilizado se caracteriza como um processo iterativo⁶³.

2.3 Características de Carcaça

A participação brasileira no mercado mundial de carne é de extrema relevância para o setor pecuário e para economia nacional, sobretudo se tratando de exportações⁶⁴. As exportações de carne poderiam ser ainda maiores se as carcaças produzidas apresentassem maior homogeneidade. Dessa forma, a padronização das carcaças e rendimento dos cortes cárneos, produto final da cadeia da produção de bovinos, foram incluídos nos programas de seleção como características que permitem a identificação de animais superiores e que resultarão no atendimento desses objetivos de seleção, consequentemente aumentando a rentabilidade do setor⁶⁵. Nesse contexto, as principais características de carcaça avaliadas são área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea na costela (EG), espessura de gordura subcutânea na garupa (EGP8), avaliadas *in vivo* através de ultrassonografia de carcaça^{65,66-67}.

A AOL é medida transversalmente no músculo *Longissimus dorsi*, na região entre a 12° e 13° costelas, expressa em centímetros quadrados (cm²). Essa característica é uma

medida utilizada como indicativo do grau de musculosidade e da porção comestível da carcaça, possibilitando avaliação do rendimento da mesma, por estar relacionada com a porcentagem de carne da carcaça e rendimento muscular, além disso, é uma característica que apresenta grande importância econômica, pois, representa o rendimento dos cortes cárneos de alto valor comercial⁶⁵.

Os coeficientes de herdabilidade observados na literatura para AOL em animais da raça Nelore são de moderada a alta magnitude, variando de 0,25 a 0,66, estimados através da máxima verossimilhança restrita, indicando que a seleção para essa característica promoverá um incremento no progresso genético^{11,41,43,40,65}. Em estudo com bovinos Nelore, Brunet⁶⁸ observou que AOL apresenta correlações genéticas positivas e de moderada magnitude com outras características de carcaça (EG e EGP8 de 0,38 e 0,36, respectivamente). Além disso, Guimarães⁶⁹ reportaram correlações negativas (-0,13) com IPP e Mamede⁷⁰ reportaram correlações positivas e favoráveis com características de produção (0,37; 0,46; 0,59 e 0,56 com P120, P210, P365 e P450, respectivamente), sendo resultados desejáveis do ponto de vista reprodutivo e produtivo.

As características de acabamento de carcaça, EG e EGP8, são fundamentais na industrialização da carne, pois atuam no processo de isolamento térmico durante o resfriamento da carcaça. Além disso, uma adequada cobertura dos músculos através da gordura subcutânea garante a preservação da qualidade da carne, proporcionando um produto final com aspectos desejáveis pelo mercado. A qualidade de gordura subcutânea tem relação direta e positiva com valores de pH da carne; influi sobre a maciez; suculência; cor e sabor⁷¹.

Dessa forma, o acabamento contribui para que o resfriamento ocorra de forma lenta e gradual, evitando encurtamento das fibras causado pelo endurecimento da carne ocorrido devido aos efeitos de desidratação e, conseqüentemente, a diminuição do peso dos cortes e na qualidade da carne¹¹⁻⁶⁵. Ambas medidas são expressas em milímetros (mm), a EG é mensurada entre a 12^o e 13^o costelas, e a EGP8 mensurada na intersecção dos músculos *Gluteus medius* e *Biceps femoris*, localizados entre o ílio e o ísquio do animal. Foram relatadas estimativas de herdabilidade de baixa a moderada magnitude, variando de 0,19⁶⁵ a 0,55²⁵ para EG, e para EGP8 de 0,25 a 0,43^{11,25,43, 65, 73}.

Yokoo e al.⁷² relata que a avaliação das medidas de carcaça (AOL, EG e EGP8) devem ser ajustadas para peso ou idade do animal no dia da mensuração. As características de carcaça, avaliadas por ultrassonografia, apresentam variabilidade genética e, apesar das estimativas de herdabilidade serem de baixa a alta magnitude^{11,43, 65,71-73}, podem ser utilizadas como critério de seleção para obtenção da evolução genética em rebanhos de bovinos da raça

Nelore. Na figura 1 consta a representação ilustrativa dos locais das medidas AOL, EG e EGP8, realizadas por ultrassonografia de carcaça em bovinos de corte.

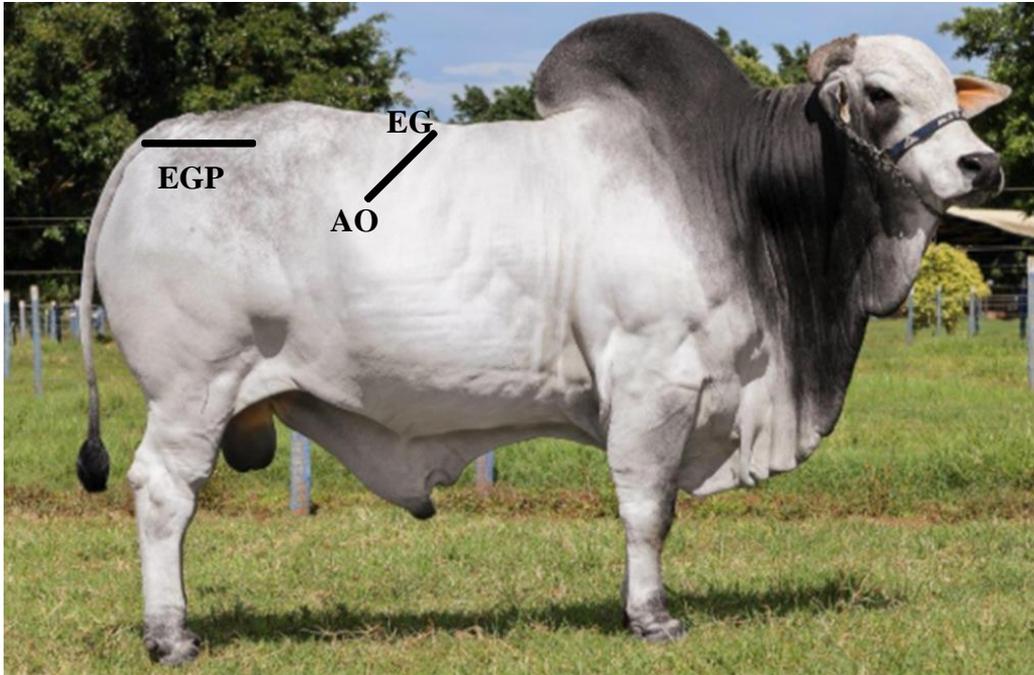


Figura 1- Representação ilustrativa dos locais das medidas de área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea na costela (EG) e espessura de gordura subcutânea na garupa (EGP8), realizadas por ultrassonografia de carcaça em bovinos de corte.

Fonte: Adaptado de Genética Aditiva (2020).

2.4. Características morfológicas

Por meio das avaliações visuais é possível identificar fenotipicamente animais de diferentes tipos morfológicos, que podem variar de ultra precoces a extremamente tardios, sendo o alvo identificar animais mais equilibrados com o ambiente em que estão sendo criados. Assim, é possível diferenciar, dentro dos grupos de animais, aqueles mais uniformes ao se considerar a distribuição do peso no corpo e altura, evitando que animais de maior tamanho corporal e com musculatura pouco desenvolvida sejam selecionados em detrimento daqueles com porte médio e musculatura bem desenvolvida. Além disso, com esse tipo de avaliação é possível avaliar um grande número de animais sem que eles sejam submetidos a mensurações objetivas, o que reduz o tempo de avaliação e minimiza o estresse sofrido pelos animais, além de ter baixo custo para implementação¹⁴.

Inúmeros métodos de avaliação visual, foram desenvolvidos, com objetivo de identificar animais mais precoces para terminação ou que tenham musculatura e tamanho ideal. Metodologias de avaliações como: EPMURAS, CPMU, SAM e MERCOS são

utilizados nos programas de melhoramento genético animal na seleção destes animais melhoradores.

Para possibilitar a avaliação indireta de características ligadas à terminação e à carcaça, Long⁷³ desenvolveu, um método de avaliação visual, conhecido como Sistema de Avaliação Ankony, por meio da pontuação de escores, onde se utilizava escala absoluta de 1 a 10 para cinco características: ausência de gordura excessiva (G), musculosidade (M), tamanho do esqueleto (T), aprumos e estrutura óssea (A), e caracterização racial e sexual (C).

De acordo com Fries⁷⁴, no Brasil, as avaliações visuais começaram a ser utilizadas a partir de 1974, no Programa de Melhoramento de Bovinos (PROMEBO), que preconizava a utilização de pesagens estratégicas (às idades padrão) e a utilização de avaliações visuais, baseada em duas metodologias: o Sistema de Avaliação Ankony⁷³ e o Escores de Conformação (EC) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA)⁷⁵, que utilizava escala absoluta com 17 graus, e cada um deles subdividido em três sub graus.

O método MERCOS descrito por Lobô¹⁵, com base em estudos e experiência de campo dos pesquisadores Magnabosco et al.⁷⁶ e Faria et al.^{26,63,77-78}, tem o objetivo de selecionar os animais com base nas seguintes características:

- Musculosidade (M): é observada a distribuição das massas musculares no corpo do animal, assim como seu desenvolvimento, volume e comprimento dos músculos. Animais mais musculosos e com os músculos bem distribuídos pelo corpo apresentam melhor rendimento de carcaça. Para tal, é dada maior importância aos cortes do posterior, pois é uma região que agrega maior valor de mercado, além de ser de fácil observação e indicar animais com precocidade em desenvolvimento muscular¹⁵ (Figura 2);

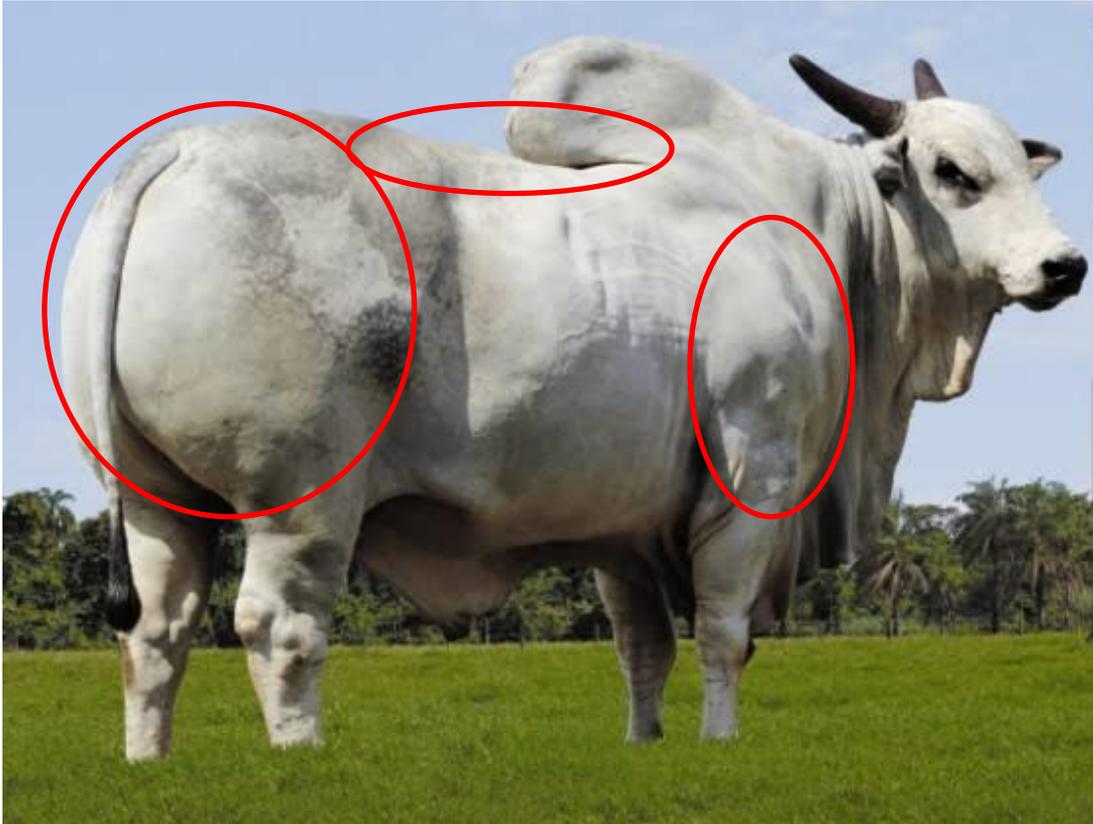


Figura 2- Representação ilustrativa da avaliação visual da característica de musculabilidade: avaliando a distribuição das massas musculares, nas regiões da paleta, dorso-lombar e traseiro.

Fonte: CRV Lagoa (2020).

- Estrutura Física (E): avalia-se a sustentação do animal, ou seja, os cascos quanto a sua integridade (escuros e fortes) e tamanho. Observa-se as pernas, que devem se mover em direção reta para frente e serem bem afastadas; os ligamentos/articulações quanto a firmeza, ossatura forte e recoberta por musculatura bem desenvolvida e os aprumos em geral (figura 3). Deve-se dar bastante atenção para a avaliação desta característica, pois aprumos defeituosos ou fracos conduzem a um desempenho produtivo e reprodutivo insatisfatório dos animais, devido ao esforço do macho e da fêmea durante a monta e uma menor vida útil, além da menor capacidade de se alimentar¹⁵.

Mesmo que os defeitos sejam adquiridos por manejo nutricional inadequado, geralmente excessivo, ou por traumatismos, defeitos de aprumos devem ser penalizados pelo prejuízo que eles causam individualmente ao animal na plenitude de suas funções econômicas e por suas correlações negativas com a reprodução e produção. Por isso, é importante atentar-se a tolerância de alguns defeitos¹⁴.



Figura 3- Representação ilustrativa de defeitos desclassificatórios na avaliação de estrutura física: (1) pinças voltadas para dentro; (2) aprumos cambotas; (3) baixo de quartela; (4) aberto de diante. Fonte: Adaptado de Marega (2018).

- Aspectos Raciais (R): observa-se a pelagem, pigmentação da pele e mucosas, analisando a vulva e ânus, tetas e períneo. A cabeça expressa o padrão racial, devendo levar em consideração defeitos como: desvios de chanfro e articulações dos maxilares. Animais que apresentam as mesmas características (fenótipo), apresentam comportamento produtivo semelhante. O objetivo dessa avaliação é identificar os animais que se ajustam melhor ao perfil da raça e que apresentam precocidade sexual. O atendimento do padrão da raça é importante no sentido de proporcionar uma criação de animais que sejam mais equilibrados, harmoniosos e funcionais, conseqüentemente, aumentando a frequência destas características no rebanho selecionado¹⁵ (Figura 4).



Figura 4- Representação ilustrativa de defeitos desclassificatórios na avaliação de aspectos raciais: (1) desvio de chanfro; espelho nasal despigmentado, (2) lambida: parte despigmentada com formato de um triângulo ocupando 1/3 do espelho.

Fonte: Pereira (2018).

- **Conformação (C):** Indica o potencial ou velocidade de terminação do animal. É avaliada pela capacidade de depositar gordura de cobertura, uniformemente na carcaça. Esse componente é necessário para proteção da carcaça no processo de resfriamento na indústria, sendo assim, desejado animais de melhores proporções de profundidade de costelas em relação à altura de membros. Avalia-se o esqueleto do animal, comprimento do corpo, abertura de peito (amplitude torácica), arqueamento e comprimento das costelas, largura de garupa e comprimento, a qual se atribui facilidade de parto. Deve-se avaliar o animal: por trás, na abertura de ísquio; lateralmente, a relação entre o tamanho dos membros e comprimento das costelas; e a linha de dorso e da barriga que deve ser paralela ou abrir no sentido da garupa, nunca estreitando (Figuras 5 e 6). Defeitos, como desvios de lordose, são penalizados¹⁵.

Animais com costelas mais compridas e de virilhas mais baixas correspondem a um biótipo de terminação mais precoce e, portanto, resultam em uma carcaça com revestimento de gordura subcutânea mais uniforme. Por outro lado, indivíduos mais longe do chão ou pernaltas, tendem a ter uma carcaça com um menor acabamento de gordura subcutânea quando são submetidos a um sistema de aporte nutricional privilegiado¹³.

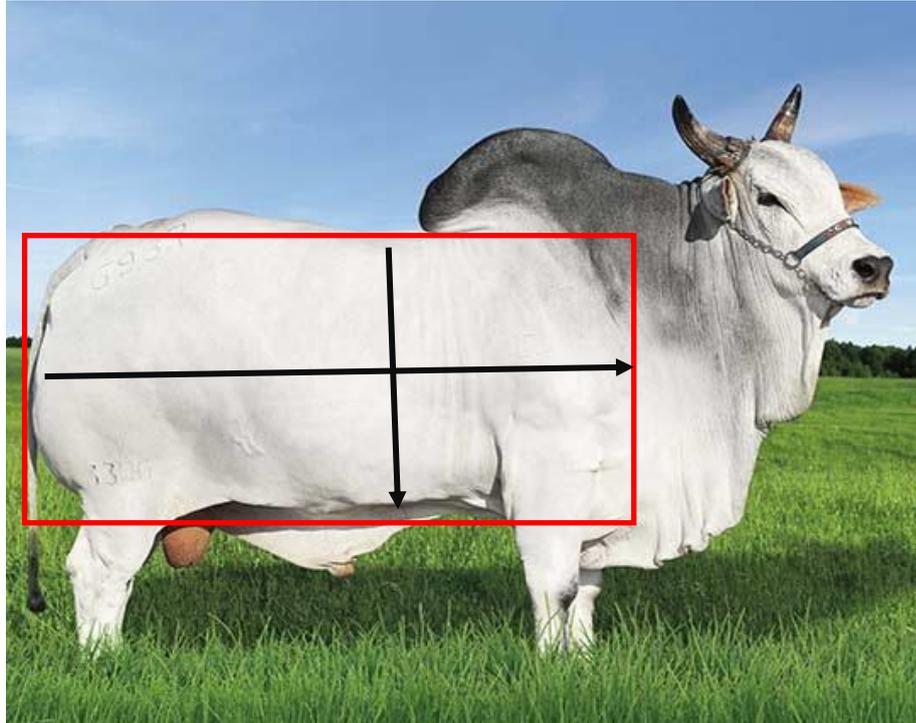


Figura 5- Representação ilustrativa da avaliação da característica visual de conformação: relacionando profundidade de costelas e altura dos membros.
Fonte: CRV Lagoa (2017).

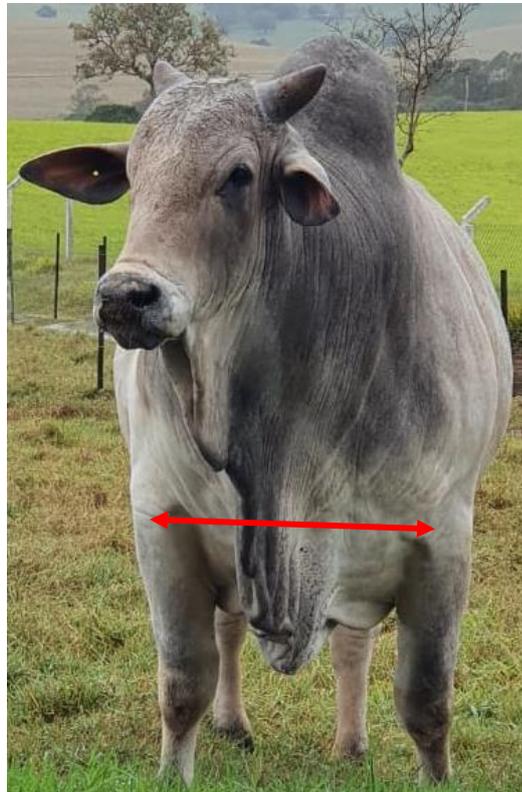


Figura 6- Representação ilustrativa da avaliação da característica visual de conformação: animal visto de frente, deve apresentar amplitude torácica.
Fonte: Pereira (2020).

- Ônfalo (O): avalia-se o umbigo, que deve apresentar um tamanho e posicionamento adequado (umbigo, bainha e prepúcio, conforme figura 7). Animais que possuem umbigo com forma e tamanho reduzido (pode prejudicar no momento da monta)¹⁵. Além disso, machos que possuem umbigo excessivamente comprido, criados extensivamente, podem apresentar ferimento no prepúcio causado por talos de gramíneas, podendo comprometer o órgão reprodutor. Assim, deve-se evitar animais que possuem prepúcio muito reduzidos e muito longos, que ultrapassem a linha do jarrete, tendo em vista que esta característica apresenta de baixa a alta herdabilidade genética⁷⁹. Defeitos como hérnia umbilical são desclassificatórios, esta é caracterizada pela protrusão de conteúdo abdominal que ocorre através da abertura congênita ou adquirida do anel umbilical, podendo comprometer o desenvolvimento dos animais⁸⁰.



Figura 7- Representação ilustrativa da avaliação da característica visual ônfalo. Referência para escore de umbigo (3) indicando equilíbrio da característica; escore 1: bainhas muito reduzidas; escore 5: bainhas muito pendulosas.

Fonte: adaptado Koury Filho (2005).

De acordo com Lobô¹⁵, para cada variável discreta o animal poderá obter de um a cinco pontos, com exceção de sacro²¹. Para ônfalo, os animais que recebem pontuações de escore um ou cinco, tem suas pontuações convertidas para um, de dois ou quatro para dois, e o três é mantido, para refletir o fato de que os valores medianos são os mais desejáveis para essa característica, com umbigo de tamanho mediano e posicionamento adequado. Escores mais altos são desejáveis, exceto O, cujo ideal seria valores medianos (3). Na tabela 1, consta a escala de escores visuais para cada característica avaliada pelo método MERCOS.

Tabela 1- Escalas de escores das avaliações visuais pela metodologia MERCOS

Características	Escore				
Musculosidade (M)	1	2	3	4	5
Estrutura Física (E)	1	2	3	4	5
Aspectos Raciais (R)	1	2	3	4	5
Conformação (C)	1	2	3	4	5
Ônfalo (O)	1	2	3	4	5
Sacro (SAC)	1	2	3		

Fonte: Adaptado de Lobô, 1996; Faria et al., 2009.

Além da avaliação morfológica, o método MERCOS também contempla avaliação do osso o sacro (SAC).

- Sacro (SAC): obtido pela avaliação do comprimento, sendo a distância entre o osso ílio e ísquio, e da largura, considerando a distância entre os ísquios, e a inclinação do osso sacro. O osso sacro não deve ser saliente, mas sim no mesmo nível das ancas. Sacro saliente, geralmente, corresponde a garupa escorrida lateralmente (cortante) e inclinada, além disso, essa característica está ligada a facilidade de parto. Quanto mais plano for o sacro, mais móvel será em suas conexões articulares, conseqüentemente a fêmea apresentará maior facilidade de parto. A escala de avaliação dessa característica varia de um (1) a três (3), sendo desejado animais com escore três²¹ (figura 8).



Figura 8- Representação ilustrativa da avaliação da característica visual sacro.

Fonte: Adaptado de Colonial Agropecuária (2020).

De acordo com Lobô¹⁵, é preferível que essas medidas sejam tomadas na época da desmama e ao sobreano, no entanto podem ser realizadas a qualquer idade do animal. Porém, as avaliações devem ser realizadas dentro de grupos contemporâneos (GC), dessa forma, a avaliação é comparativa e a pontuação dada a um animal será sempre relativa aos demais do mesmo grupo. Exemplo: se um animal comparado ao seu GC for considerado intermediário (três pontos) para determinada característica, servirá de referência para a classificação dos demais que estão abaixo/inferiores (um ou dois pontos) ou acima da média/superiores (quatro ou cinco pontos). Ressalta-se que as notas recebidas pelo animal só possuem significado se tratando do GC ao qual ele pertence, não fazendo sentido, por exemplo, comparar registros fenotípicos dos melhores animais de GC diferentes.



Figura 9- Lote de animais da raça Nelore, pertencentes ao mesmo GC avaliados pela metodologia de avaliação visual MERCOS. Lote de vacas (a), machos (b) e novilhas (c).
Fonte: Arquivo pessoal (2020).

Segundo Oliveira⁸¹, os métodos de avaliação genética em uso permitem separar os efeitos genéticos aditivos dos efeitos devido às combinações e ao ambiente, simultaneamente. Contudo, é necessária uma correta coleta de dados que permita identificar e minimizar as diferenças entre os animais causadas pelos efeitos de ambiente. Assim, a formação de GC é de extrema importância na avaliação visual, pois as medidas de escores são subjetivas e estão sujeitas aos vícios. Quando se avalia por meio de GC, incluindo o avaliador como um efeito fixo, é possível minimizar os possíveis erros impedindo o comprometimento da avaliação genética⁸².

De acordo com Faria et al.²¹, as características visuais avaliadas através da metodologia MERCOS em bovinos da raça Nelore possuem estimativas de herdabilidade de baixa a alta magnitude²¹. Os autores avaliaram animais em diferentes idades, utilizando a abordagem bayesiana sob modelo animal de linear-limiar e obtiveram estimativas de herdabilidade aos 8, 15 e 22 meses de idade de: 0,21 a 0,38 para M, 0,14 a 0,60 para E, 0,20 a 0,22 para R, 0,07 a 0,34 para C, 0,36 a 0,57 para O, e 0,08 a 0,46 para SAC. Estimativas de herdabilidade inferiores foram encontradas em vacas adultas, cujos valores foram 0,01 para M, 0,07 para E, 0,18 para R, 0,11 para C, 0,36 para O e 0,23 para SAC.

De maneira geral, as estimativas de herdabilidade para escores visuais encontradas na literatura para populações zebuínas da raça Nelore sob diferentes metodologias de avaliação variam de moderada a alta magnitude. Utilizando inferência Bayesiana para estimação dos parâmetros genéticos, Paterno et al.⁵⁶, encontraram estimativas médias a altas herdabilidades, cujos valores foram 0,37, 0,42 e 0,37 para E, precocidade (P) e M, respectivamente, medidos aos 487 dias de idade em bovinos Nelore. Resultados superiores foram encontrados por Carreño et al.⁸³ para características C, P e M (0,44, 0,43 e 0,42, respectivamente). Por outro lado, estimativas inferiores foram encontradas por Raidan et al.²⁴, para características E, P, M, umbigo, racial, aprumos e sexual, cujos valores foram 0,26, 0,34, 0,28, 0,43, 0,18, 0,06 e 0,18, respectivamente.

Utilizando a método da Máxima Verossimilhança Restrita para estimação dos parâmetros genéticos para escores visuais, Duitama et al.¹⁶, encontrou estimativa de herdabilidade de moderada magnitude, 0,30, 0,37 e 0,32 para E, P e M, respectivamente, avaliados aos sobreano. Resultados inferiores foram encontrados por Koetz Junior et al.¹⁸, cujos valores foram 0,17, 0,19 e 0,17 avaliados ao desmame e 0,25, 0,27 e 0,25 avaliados ao sobreano para características de C, P e M, respectivamente.

Considerando que os coeficientes de herdabilidade determinam a capacidade de transmissão da característica avaliada para a sua progênie, expressando quanto da variabilidade de uma característica é de origem genética, as estimativas de herdabilidade obtidas para escores visuais confirmam a viabilidade de utiliza-las como critério de seleção nos programas de melhoramento genético animal, pois respondem bem ao processo de seleção^{21, 56,24-83}.

Os escores visuais de M, E e C possuem correlações genéticas positivas e de moderadas a altas magnitude entre si, assim a utilização de pelo menos uma das características visuais como critério de seleção poderá promover mudanças nas demais no mesmo sentido^{16,17,56,25,84, 85-86}.

Paterno et al.¹⁷, avaliando as correlações genéticas entre escores visuais (E, P e M) e P210 e P450, relatam que, os benefícios para o desempenho animal podem ser melhor alcançados se forem consideradas a E, P e a M como critérios adicionais de seleção nos programas de melhoramento de bovinos Nelore, e que a seleção para escores visuais a desmama ou ao sobreano dependerão da gestão das fazendas já que as correlações encontradas para ambas idades foram de alta magnitude. Porém, a seleção para escores visuais avaliados ao desmame pode ser considerada para diminuir o intervalo de geração e antecipar a seleção de indivíduos, esperando melhorias de carcaça na progênie futura.

Os resultados apresentados por Paterno et al.¹⁷ corroboram com os encontrados por Faria et al.⁸⁷, que apresentaram estimativas de correlações de 0,62; 0,94 e 0,89 e 0,88; 0,99 e 0,99 entre M, E e C e P210 e P450, respectivamente, avaliados aos 15 meses de idade. Em consonância, Duitama et al.¹⁶, utilizando abordagem frequentista, e modelo animal para estimação dos parâmetros genéticos, encontraram correlações de 0,83, 0,81 e 0,80 entre E, P e M e peso aos 450 dias de idade. Dessa forma, a seleção para escores visuais, avaliados em qualquer idade, possibilita a obtenção de ganho genético para características de crescimento. Além disso, as altas estimativas de correlações genéticas encontradas na literatura confirmam que animais com melhor distribuição da massa muscular (M), com adequada ossatura dos membros para sustentação do corpo (E) e equilíbrio entre a profundidade de costelas e comprimento dos membros (C/P) podem resultar em animais com maior peso.

Avaliando bovinos Nelore participantes de provas de ganho de peso Lima et al.⁸⁸ reportaram coeficientes de correlações genéticas de baixa magnitude entre escores R e U com peso inicial, peso final e peso ajustado aos 550 dias de idade (0,17 e 0,17; 0,23 e 0,16 e 0,20 e 0,14, respectivamente).

Faria et al.⁸⁷ estimaram as correlações entre SAC e diferentes pesos, demonstrando que o SAC avaliado aos 8 meses possui correlação positiva e de baixa magnitude com diferentes pesos, porém quando avaliado aos 15 e 22 meses apresenta estimativas de correlações negativas, mostrando que os genes responsáveis parcialmente pela expressão fenotípica do osso sacro são diferentes dos relacionados ao crescimento.

Boligon e Albuquerque⁸⁹ e Vargas⁹⁰ estimaram coeficientes de correlações positivas e de baixa a moderada magnitude entre escores visuais C, P e M e PE (0,19 e 0,15; 0,24 e 0,46 e 0,21 e 0,42, respectivamente, avaliados a desmama) e (0,27 e 0,29; 0,31 e 0,43 e 0,29 e 0,43, respectivamente, avaliados ao sobreano), utilizando inferência bayesiana. Raidan et al.²⁴, também utilizando inferência bayesiana, pelo método EPMURAS encontrou coeficiente de correlação de moderada magnitude (0,35) com PE. Estes resultados mostram que a inclusão dos escores visuais C, P e M nos índices de seleção poderá, indiretamente, aumentar a frequência de genes desejáveis para fertilidade sexual.

Paterno et al.⁵⁶, estimaram correlações genéticas entre E, P e M mensuradas ao sobreano e IPP, 3P e STAY em bovinos da raça Nelore. As correlações obtidas entre E com IPP e 3P foram próximas a zero (-0,06 e 0,06), entre E e STAY foi de baixa magnitude (0,18), refletindo a baixa associação entre essas características. Entre as características P e M com IPP foram observadas correlações negativas, favoráveis e de moderada magnitude (-0,47 e -

0,37, respectivamente), indicando que a seleção para P e M poderá promover ganho indireto na redução a IPP.

Correlações positivas de moderada a alta magnitude entre 3P com P e M (0,52 e 0,44, respectivamente), também foram relatadas pelos autores⁵⁶, indicando que a seleção para P e M poderá aumentar, indiretamente, a probabilidade de prenhes precoce das fêmeas no rebanho. Neste mesmo sentido a seleção direta para P e M poderá ocasionar ganhos para STAY, pois apresentaram correlações genéticas positivas, favoráveis e de moderada magnitude (0,24 e 0,26, respectivamente). Os resultados apresentados por Paterno et al.⁵⁶ indicam que a seleção para características de biótipo podem levar a ganhos indiretos em fêmeas para maior longevidade.

Utilizando a Máxima Verossimilhança Restrita na estimação dos parâmetros genéticos, Marques et al.¹¹, observaram correlações entre AOL com E, P e M positivas e de baixa a moderada magnitude, cujos valores foram 0,24; 0,29 e 0,45, respectivamente. Através da metodologia de avaliação visual SAM (combinação das características E, P e M), Tramonte⁵⁸, apresentou estimativas de moderada magnitude de 0,38 e 0,27 entre EG e EGP8 com SAM.

Yooko et al.²⁵, apresentaram coeficientes de correlações genéticas positivas e de alta magnitude entre AOL e E, P e M de 0,54, 0,58 e 0,61, respectivamente, mostrando que a seleção para escores de P e M poderá promover mudanças na AOL sem alterar a E dos animais. Correlações genéticas entre as espessuras de gordura (EG e EGP8) e os escores P e M apresentaram comportamento semelhante (0,40 e 0,38 e 0,42 e 0,41, respectivamente). Entretanto, as correlações genéticas entre as espessuras de gordura (EG e EGP8) e E foram próximas de zero (-0,02 e -0,05, respectivamente), estes resultados indicam que estas características são determinadas, em grande parte, por diferentes conjuntos de genes de ação aditiva, e que a seleção em uma característica trará reduzido progresso genético para outra.

Considerando as estimativas apresentadas na literatura^{16,17-21}, as avaliações morfológicas apresentam potencial para serem incorporadas nos programas de melhoramento genético, pois são importantes ferramentas na identificação de animais com biótipo exigido pelo mercado, além de responderem bem no processo de seleção.

2.5 Modelos de Limiar

Com objetivo de melhorar o ganho genético por gerações, os programas de melhoramento genético animais, vem utilizando metodologias mais acuradas e que expressem o valor real de cada característica avaliada. Em sua maioria, as avaliações são realizadas na

pressuposição que as características avaliadas apresentem distribuição normal. No entanto, muitas destas características de importância econômica possuem distribuição descontínua, como por exemplo, os escores visuais e características reprodutivas como probabilidade de parto precoce e stayability, assim, às metodologias aplicadas a estas características não podem ser iguais as metodologias utilizadas para avaliar as características que apresentam distribuição contínua¹⁴.

Segundo Gianola et al.⁹¹, o método frequentista, como o REML, não seria apropriado para variáveis categóricas, pois obtêm-se somente estimativas pontuais da variância genética. Assim, diante de uma simples medida de erro, que só teria sentido em amostras muito grandes, e diante de dados distribuídos de forma normal e em análises em que não há o conhecimento das médias e variâncias, a solução seria utilizar as estimativas da máxima verossimilhança como se fossem os parâmetros verdadeiros, ignorando o seu erro⁹²⁻⁹³. Entre essas pressuposições estão: as variâncias das características categóricas são heterogêneas; as soluções do melhor preditor linear não viesado (BLUP) não levam em consideração a restrição que a soma das probabilidades de resposta tenha que ser igual a 1 entre todas as categorias de resposta; a variância genética aditiva na escala observada depende da incidência da característica na população; há a possibilidade de que o efeito genético não aditivo esteja presente na escala observada no caso em que toda a variação genética é aditiva na escala subjacente e, quando a esperança condicional das predições, dado que os valores das mensuração não sejam lineares, as propriedades de classificação do BLUP não parecem ser otimizadas⁹²⁻⁹³. Em adição, métodos frequentistas desconsideram a distribuição discreta dos dados que são analisados como contínuos⁹⁴, assim, geram estimativas não confiáveis dos parâmetros genéticos e previsões viesadas dos ganhos genéticos⁸².

Falconer⁹⁵, descreveu a herança das características de limiar e o princípio do modelo de limiar para características categóricas, fundamentado na pressuposição de que a expressão fenotípica da característica está associada a uma variável contínua subjacente que não é observável. Assim, a presença do animal em uma ou outra escala, está separada por um limiar na escala subjacente. No caso dos escores visuais, isso pode ser entendido pela subjetividade no momento da avaliação em que a “indecisão” do avaliador pode colocar o animal em uma ou outra classe, ou seja, animais cujos valores fenotípicos na escala subjacente ultrapassam o limiar aparecerão em uma determinada classe, enquanto os indivíduos abaixo do limiar (*threshold*) aparecerão em outra classe. O limiar pode ser também definido como o momento em que os fatores genéticos e ambientais combinam suficientemente para os indivíduos exibirem o fenótipo⁹⁶.

É importante ressaltar que, os animais que estão dentro da mesma classe são bastante parecidos fenotipicamente, porém, diferem entre si no potencial genético. Assim, a escala subjacente é contínua, mas a escala de escores “notas” é descontínua e as duas estão conectadas pelo limiar ou ponto de descontinuidade. Por isso, não seria apropriado a utilização de modelos lineares para análise de dados categóricos, pois este método ignora a distribuição descontínua e o procedimento segue como se os dados fossem contínuos, não sendo indicados para características categóricas ou binárias. Conseqüentemente, a utilização deste tipo de modelo na estimação dos parâmetros genéticos, poderia gerar estimativas não confiáveis e conclusões equivocadas sobre o ganho genético das características sob seleção⁹⁷. Assim, o modelo de limiar proporciona estimativas mais adequadas e maior habilidade em detectar a variabilidade genética quanto comparados com os modelos lineares, proporcionando maior identificação dos animais com valores genéticos superiores²⁷.

Sima⁹⁸ comparando modelo linear tradicional e de limiar na estimação de parâmetros genéticos para características visuais pela metodologia EPMURAS, concluiu que existe diferença na avaliação genética obtida utilizando estes modelos, sendo o modelo de limiar mais adequado para escores visuais em programas de melhoramento genético de bovinos de corte. Isto porque métodos lineares não consideram a natureza discreta dos dados categóricos e a análise é realizada como se todas informações fossem de caráter contínuo. Em contrapartida, métodos de limiar assumem como distribuição normal, a variável não observável, que é subjacente para a variável discreta, sendo que a associação da variável discreta com a escala subjacente contínua é obtida com um conjunto de limiares fixos. Com isso, a variável subjacente é descrita pelo modelo linear, mas a relação da subjacente com a escala observada é não linear, caracterizando o modelo de limiar⁹⁹.

Porém, a grande desvantagem na utilização de modelos de limiar, é a necessidade de maior demanda de tempo de processamento das análises e maior exigência em capacidade de processamento computacional¹⁰⁰. Misztal et al.¹⁰¹, desenvolveram o software BLUPF90thr que utiliza a Máxima Verossimilhança Restrita sob modelo de limiar para estimar adequadamente parâmetros genéticos para dados categóricos. Logo após, Tsuruta & Miztal¹⁰² desenvolveram o software THRGIBBS1F90, que aplica a estatística bayesiana para características categóricas em modelos lineares e de limiar. Esse pacote está sendo amplamente utilizado para análises de características categóricas e modelos de linear-limiar, tal como os estudos de Paterno et al.¹⁷, Passafaro et al.²², Carreño et al.⁸³, Silveira et al.¹⁰³ e Figueiredo Filho et al.¹⁰⁴.

2.6 Inferência Bayesiana e método de Monte Carlo via Cadeia de Markov

A teoria bayesiana teve sua fundamentação nos trabalhos desenvolvidos por Thomas Bayes em 1761, no entanto, esses trabalhos só foram publicados dois anos após sua morte em 1763¹⁰⁵. Kendall e Buckland¹⁰⁶, citados por Gianola e Fernando¹⁰⁵, definem: Inferência Bayesiana como: “Uma forma de inferência na qual parâmetros tratados como variáveis aleatórias, possuidores de distribuições *a priori*, refletem o estágio de conhecimento acumulado sobre tais parâmetros” e Estimação Bayesiana como: “Estimação de parâmetros populacionais pelo uso de métodos de probabilidade inversa”¹⁰⁷.

De acordo com Faria et al.⁹⁷, os fundamentos dos métodos bayesianos consistem em descrever todos os erros existentes em torno de um parâmetro, utilizando como medida do erro a probabilidade de que um parâmetro tome determinados valores, sendo que nos casos que necessitem de uma estimativa pontual de dado parâmetro pode se usar a moda, média ou mediana.

A inferência Bayesiana adota uma postura subjetivista através do uso explícito de probabilidades para quantificar o grau de incerteza acerca de quantidades de interesse não observadas. A probabilidade subjetiva, nada mais é que a “crença” que o avaliador do experimento possui sobre os dados, ou seja, a crença que o avaliador possui na ocorrência do evento de interesse. A probabilidade subjetiva deve ser coerente no sentido de satisfazer os axiomas de probabilidades¹⁰⁸, sendo baseados no Teorema de Bayes, apresentado como ¹⁰⁵⁻¹⁰⁸:

$$p(\theta|Y) \propto p(\theta) p(Y|\theta)$$

Em que:

- $p(\theta)$ é a densidade de probabilidade *a priori* de θ , a qual reflete o grau de conhecimento acumulado sobre os possíveis valores de θ , antes da obtenção de informações contidas em Y ;
- $p(Y|\theta)$ é a função de verossimilhança de Y , que representa a contribuição de Y ao conhecimento de θ ;
- $p(\theta|Y)$ é a densidade de probabilidade *posterior* de θ , a qual inclui o grau de conhecimento prévio sobre θ “atualizado por informações adicionais” contidas em Y ;
- \propto é o operador *proporcional a*.

Assim, a teoria bayesiana, baseia-se em probabilidades condicionais¹⁰⁷, na qual é utilizada informação *a priori*, que requer a especificação de uma distribuição *a priori* para a quantidade de interesse θ . Esta distribuição deve representar (probabilisticamente) o conhecimento que se tem sobre θ antes da realização do experimento¹⁰⁸.

Quando se possui conhecimento prévio sobre o fenômeno estudado, a densidade a *priori* será pouco informativa e a função de densidade será muito semelhante à distribuição normal. Na presença de dados experimentais baseados em fundamentos teóricos, ou seja, quando o grau de confiança maior for atribuído ao parâmetro inicial, a densidade a *priori* passa a ser denominada de informativa e muitos valores estão distribuídos em torno da média. A distribuição também será gaussiana, porém, mais concentrada ou aguda. Por outro lado, quando o conhecimento sobre o fenômeno estudado é vago, ou praticamente inexistente, a densidade a *priori* é dita vaga, difusa ou não informativa, não precisa ou de variância alta, significando que a densidade a *priori* reflete ignorância¹⁰⁹. Assim, quanto maior a falta de informação a *priori*, maior a variância da distribuição, ou seja, maior o grau de incerteza sobre o verdadeiro valor do parâmetro, caso contrário, tem-se uma pequena variância da distribuição quando a *priori* for informativa¹⁰⁸⁻¹⁰⁹.

A função da probabilidade ou esperanças a *posteriori* de θ , sendo θ o parâmetro de interesse, também conhecido como distribuição a *posteriori* marginal do parâmetro, e traz informações a respeito do parâmetro após a observação dos dados. De acordo com Magnabosco et al.¹¹⁰ uma das maiores dificuldades técnicas na implementação de métodos bayesianos é a “marginalização”, onde, geralmente a obtenção de distribuições marginais por processos analíticos, ou mesmo pelo emprego de métodos usuais de integração numérica, é impossível.

Vários são os métodos baseados em simulações, para computação Bayesiana, como Monte Carlo Simples, Monte Carlo com função de importância, métodos de reamostragem, sendo que nestes métodos é obtido uma amostra da distribuição a *posteriori* em um único passo. Os valores são gerados de forma independente e não há preocupação com a convergência do algoritmo, bastando que o tamanho da amostra seja suficientemente grande. Por esta razão estes métodos são chamados de não iterativos. Porém, em muitos programas pode ser bastante difícil, ou mesmo impossível, encontrar uma boa densidade de importância que seja simultaneamente uma boa aproximação da *posteriori* e fácil de ser amostrada^{108,111_112}.

A introdução de métodos de Monte Carlo baseados em cadeias (sequências) de Markov, denominados MCMC como o Amostrado de Gibbs, viabilizou a implementação da inferência Bayesiana. O amostrador de Gibbs é uma técnica que gera variáveis aleatórias de uma distribuição marginal indireta, sem a necessidade de se calcular a densidade (a função densidade de probabilidade marginal desta variável)¹⁰⁸. Isso consiste na estimação da distribuição conjunta de todos os parâmetros considerados no modelo, pela reamostragem de

todas as distribuições condicionais da cadeia de Markov, obtendo-se indiretamente as variáveis aleatórias de determinada distribuição marginal probabilidade¹¹³.

Segundo Van Tassel et al.¹¹⁴, o amostrador de Gibbs apresenta algumas vantagens sobre outros métodos, reduz a dificuldade de lidar com grande quantidade de parâmetros desconhecidos e dados perdidos de maneira mais simples, tratando um parâmetro como desconhecido e, por sua vez, amostrando cada parâmetro com sua distribuição condicional completa, o que impulsionou a utilização de análises genéticas utilizando inferência bayesiana¹¹⁵. Porém, é válido ressaltar que a amostragem de Gibbs trabalha com processos por aproximação dos valores esperados para cada parâmetro desconhecido no modelo, a cada ciclo, que é então repetido e as distribuições condicionais atualizadas. Assim, a amostragem converge para uma distribuição estacionária a partir deste ponto, conhecido como aquecimento (*burn-in*) da cadeia e o valor amostrado após a convergência é analisado como sendo amostras da distribuição a posteriori¹¹⁶.

Timpani et al.¹⁰⁰ e Ehlers¹⁰⁸, apresentam algumas diferenças entre a inferência clássica e a inferência Bayesiana. Na inferência clássica, o parâmetro desconhecido é considerado como uma constante fixa, já na inferência Bayesiana este é considerado como uma variável aleatória que segue uma distribuição *a priori*. Na inferência clássica, considera-se a informação amostral (através da verossimilhança), na Bayesiana, podem-se considerar, na *priori*, informações de estudos anteriores e conhecimentos pessoais. Na inferência clássica, não se pode falar em probabilidade para estimativas dos intervalos de confiança, na Bayesiana, isso é observado.

De acordo com Faria et al.⁹⁷, a máxima verossimilhança restrita é o método mais utilizado nos programas de melhoramento animal, para estimação dos componentes de (co) variância e parâmetros genéticos. Porém, a Amostragem de Gibbs, que em virtude de suas propriedades possibilita a realização de inferência bayesiana, é uma metodologia adequada para aplicação no melhoramento animal na análise de dados categóricos. Os autores verificaram que a Amostragem de Gibbs se mostrou uma excelente alternativa na estimação dos parâmetros genéticos, pois permitiu a atenção de estimativas mais acuradas, apresentando uma maior flexibilidade, devido ao fato das distribuições marginais posteriores gerarem inferências mais precisas.

Utilizando diferentes modelos genético-estatísticos e metodologias REML e Bayesiana, em uma população de bovinos Japonês Black, foram encontradas herdabilidade próximas para as duas metodologias, sugerindo que a aplicação da inferência Bayesiana é uma ferramenta confiável para estimação de parâmetros genéticos¹¹⁷. Azevedo Junior et al.²⁰,

com objetivo de testar diferentes métodos (Henderson III, Máxima Verossimilhança Restrita-REML, Inferência Bayesiana e Modelo Linear Misto Generalizado-GLMM), na estimação dos parâmetros genéticos para escores visuais, relataram que o modelo mais adequado nas estimativas dos componentes de (co)variância foram os estimados utilizando a metodologia Bayesiana. Yokoo et al.¹¹² também cita que na avaliação de características de expressão categórica, a inferência bayesiana se demonstra uma excelente alternativa, principalmente quando a distribuição destes dados não segue a forma normal. Além disso, com a criação de computadores mais potentes permite modelar por meio da metodologia bayesiana, de forma mais clara, dados com outros tipos de distribuições, diferentes da normal, como a distribuição de Poisson, binária, entre outras. Dessa forma, métodos bayesianos são os mais recomendados para a predição de parâmetros genéticos para características categóricas, como as de escores visuais.

De acordo com Magnabosco et al.¹¹⁰ a utilização do algoritmo de Gibbs, requer cuidados especiais com a definição das análises como a distribuição inicial, critério de convergência, período de descarte amostral, intervalo amostral e tamanho de cadeia amostral.

Para se estimar muitos parâmetros para uma distribuição, uma amostra de observações independentes se faz necessária. Amostras consecutivas obtidas de uma cadeia podem ser altamente correlacionadas, desta forma, para se obter amostras independentes ou não correlacionadas é necessário que se elimine resultados de ciclos intermediários da cadeia. Assim, determina-se o número de ciclos produzidos para que as amostras sejam “retiradas” ou utilizadas sejam não correlacionadas entre si¹¹⁰.

Os primeiros passos da cadeia, quando ela se move de seu valor inicial para região modal *a posteriori*, ou seja, a região que alcança seu espaço paramétrico, é conhecido como *burn-in*. O intervalo de “retirada” é denominado como *thin*, após implantação destes dois parâmetros (determinação do *burn-in e thin*) é que se obtém a quantidade real de ciclos gerados e que está relacionado com a convergência das distribuições posteriores¹¹⁴. Porém, se o intervalo não for suficiente pode ser que as amostras estejam altamente correlacionadas, fazendo-se necessário uma análise da autocorrelação entre as amostras, que pode ser realizado com auxílio do pacote Boa¹¹⁸.

A análise de convergência pode ser realizada por métodos visuais, como: o gráfico histograma que tem a função de mostrar a distribuição de acontecimentos (amostras) em todo o espectro, onde a cada nova amostra coleta é somada a sua determinada “classe”, que nada mais é que do que a sua faixa da escala; gráficos de médias para verificar a convergência em média da cadeia e também determinar o *bur-in*. Após esse descarte amostral inicial, é

importante fazer um gráfico de autocorrelação para verificar se o tamanho do salto (amostragem entre as iterações) foi adequado e assim retirar a dependência das iterações.

Outra forma gráfica de verificar a convergência por meio de *Trace Plot*, que permite analisar o comportamento das cadeias. Para indicação de convergência, as cadeias devem se misturar bem umas com as outras, porém, caso elas estejam presas em uma parte não representativa do espaço paramétrico, mesmo que sobrepostas, isto é uma indicação que a cadeia não convergiu. Então, deve-se estar atento a alguma cadeia isolada ou presa a um mesmo valor durante muito tempo, ou em uma variação gradual, pois estes são sinais de não convergência. Normalmente, são necessárias centenas de passos da cadeia para que elas convirjam para a mesma região do parâmetro¹¹⁹.

Então os gráficos devem ser analisados da seguinte forma: (a): gráfico de diagnóstico trace plot com todas iterações; (b) gráfico de diagnóstico trace plot expandido e (c): gráfico de diagnóstico trace plot quando não há indicativo de convergência.

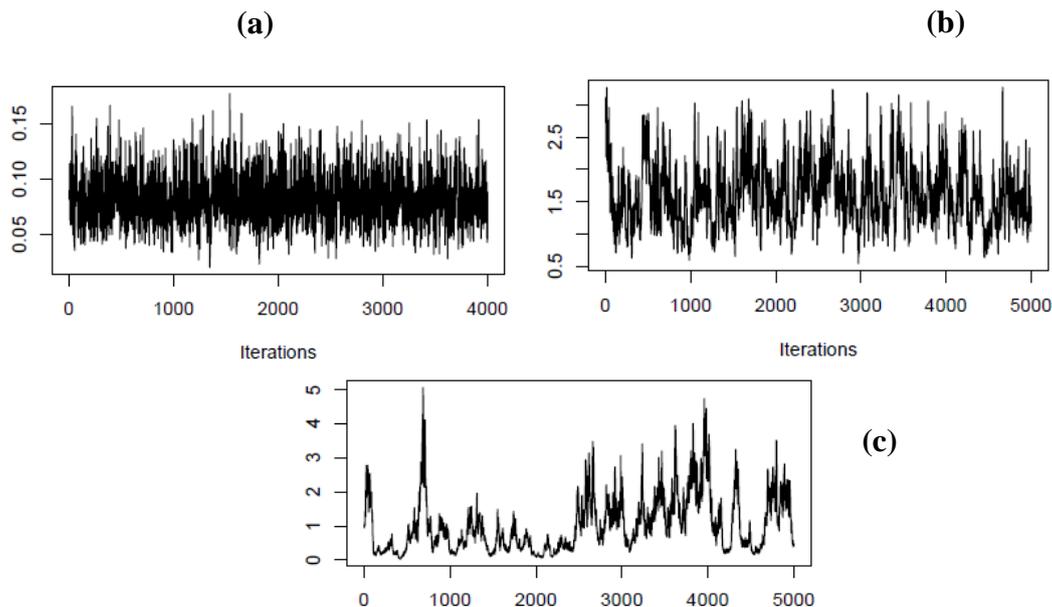


Figura 10 – Gráficos do tipo *trace plots* das variâncias *versus* iterações obtidas em cadeias de Markov. Fonte: Arquivo Pessoal (2020).

Associada a análises visuais, é possível utilizar testes estatísticos para avaliação da convergência. Nesse sentido, são utilizados testes, como: critérios de Geweke¹²⁰, Heidelberger e Welch¹²¹ e Raftery e Lewis¹²², que está disponível no pacote BOA (Bayesian Output Analysis) do *software* R. O teste de Geweke¹²⁰ faz a divisão da cadeia em duas partes e testa se os valores da primeira parte são iguais em média aos valores da segunda parte. Por ser uma distribuição estacionária, espera-se que a média de ambas as partes sejam iguais. O

critério de Heidelberger e Welch¹²¹ testa a hipótese nula de que a amostra tomada para o teste segue distribuição estacionária. O teste é aplicado a toda a cadeia e depois aos 10%, 20% e sucessivas primeiras iterações até que a hipótese nula seja aceita, ou até atingir 50% das iterações. Quando há falha no teste pode-se concluir que não houve estacionariedade e indica que é necessário um maior número de iterações. Quando não há falha, a parte descartada é considerada o tamanho do *burn-in*¹²³. Outro teste utilizado é o de Raftery e Lewis¹²², que estima a quantidade de iterações necessárias para que o amostrador de Gibbs atinja a distribuição estacionária, sugerindo o tamanho do *burn-in* e *thin* das amostras.

3. REFERÊNCIAS

1. ABIEC - Associação Brasileira das Industrias Exportadoras de Carne. Beef Report-Perfil da Pecuária no Brasil. Brasília: ABIEC; 2020.p. 50.
2. CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Escola Superior da Agricultura Luiz de Queiroz. PIB do agronegócio brasileiro. 2020. [acesso em 10 jan 2021]. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>.
3. Oliveira M de. Contribuições dos bovinos brasileiros. Pesquisa FAPESP. 2018 [acesso em 14 dez 2020]. 8p. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2018/02/15/contribuicoes-dos-bovinos-brasileiros/>.
4. ACNB - Associação dos Criadores de Nelore do Brasil. Caracterização Racial. 2020 [acesso em 14 dez 2020]. Disponível em: <http://www.nelore.org.br/Raca/Caracterizacao>.
5. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA. Certificado CEIP.pdf.
6. ANCP - Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores. CEIP. 2020 [acesso em 14 dez 2020]. Disponível em: <https://www.ancp.org.br/servicos/ceip/>.
7. Koury Filho W, Albuquerque LG de, Alencar MM de, Augusto J, Vasconcelos II de, Lôbo RB. Estimativas de herdabilidade e correlações para escores visuais , peso e altura ao sobreano em rebanhos da raça Nelore. Revista Brasileira de Zootecnia. 2009;3598. DOI: 10.1590/S1516-35982009001200010.
8. Costa GZ, Queiroz SA, Oliveira JA, Fries LA. Genetic and phenotypic estimates of visual scores and average daily gain from birth to weaning of cattle used to form the brangus breed. Ars veterinária. 2008;4(3):172–176.
9. Lopez BI, Santiago KG, Seo K, Jeong T, Park JE, Chai HH, et al. Genetic parameters of birth weight and weaning weight and their relationship with gestation length and age at first calving in Hanwoo (*Bos Taurus Coreanae*). Animals. 2020;10(6):1–10. DOI: 10.3390/ani10061083.
10. Magnabosco CU de, Lopes FB, Rosa GJM de, Sainz RD. Bayesian estimates of genetic parameters for reproductive traits in Nellore cows raised on pasture in tropical regions. Rev Colomb Ciencias Pecu. 2016;29(2):119–29. DOI: 10.17533/udea.rccp.v29n2a05.
11. Marques EG, Magnabosco CU de, Lopes FB, Silva MC. Estimativas De Crescimento , Carcaça E Perímetro Escrotal De Animais Confinamento. Biosci J. 2013;29(1):159–67.
12. de Melo RAT, Moura MMSC. Avaliação visual em programas de melhoramento genético. Cad pós-graduação FAZU. 2012;2:2–6.
13. Koury Filho W. Integração entre avaliações visuais e de ultrassonografia em programas de melhoramento genético de zebuínos. Brasilcomz Zootecnia Topical. 2012;1–20.

14. Rosa A do N, Martins EN, Menezes GR de O, Silva LOC da. *Melhoramento Aplicado em Gado de Corte: Programa Geneplus- Embrapa*. 1st ed. Brasília, DF; 2013.p. 257.
15. Lôbo RB. Programa de melhoramento genético da raça Nelore. In *Ribeirão Preto: FINEP*; 1996. p. 100.
16. Duitama LO, da Fonseca R, Bertipaglia T, Machado CH, Soares Filho CV. Estimacão de parâmetros genéticos para escores visuais e características de desenvolvimento ponderal na raça Nelore. *Arq Bras Med Vet e Zootec*. 2015;67(4):1111–8. DOI: 10.1590/1678-4162-6874.
17. Paterno FM, Buzanskas ME, Koury Filho W, Lôbo RB, Queiroz SA. Evaluation of body weight and visual scores for genetic improvement of Nelore cattle. *Trop Anim Health Prod*. 2017;49(3):467–73. DOI: 10.1007/s11250-016-1215-2.
18. Koetz C, Roso VM, da Cruz Fávoro P, Pereira GR, Borges MHF, Barca FA, et al. Heritability estimation and genetic correlations for mature weight, visual scores, and growth traits in Nelore cattle. *Rev Bras Zootec*. 2019;48. DOI: 10.1590/rbz4820170246.
19. Koetz Júnior C, Roso VM, Claus LAM, Oliveira RPL de, Fávoro P da C, Borges MHF, et al. Genetic trends for mature body weight, visual scores, and growth traits in Nelore cattle. *Ciência Rural*. 2017;47(3). DOI: 10.1590/0103-8478cr20151506.
20. Azevedo Junior J, Petrini J, Mourão GB, Ferraz JBS. Categorical Visual Score Traits of a Nelore Beef Cattle Population. *J Agric Sci*. 2017;9(8):63. DOI: 10.5539/jas.v9n8p63.
21. de Faria CU, Magnabosco CU, Albuquerque LG de, Framartino Bezerra LA, Lôbo RB. Avaliaco genética de características de escores visuais de bovinos da raça Nelore da desmama até a maturidade. *Rev Bras Zootec*. 2009;38(7):1191–200. DOI: 10.1590/S1516-35982009000700005.
22. Passafaro, T. L.; Raidan, F. S. S.; Aquino MP., Escarce, T. C.; Josahkian, L. A.;Toral FLB. Parâmetros genéticos para escores visuais de tourinhos Nelore com modelos lineares e de limiar. 2013;1–3.
23. Forni S, Federici J de F, Albuquerque LG de. Tendências genéticas para escores visuais de conformação, precocidade e musculatura à desmama de bovinos Nelore. *Rev Bras Zootec*. 2007;36(3):572–7. DOI: 10.1590/S1516-35982007000300008.
24. Raidan FSS, Tineo JSA, de Moraes MM, Escarce TC, de Araújo AEM, Gomes MM de C, et al. Associations among growth, scrotal circumference, and visual score of beef cattle in performance tests on pasture or in feedlots. *Rev Bras Zootec*. 2017;46(4):309–16. DOI: 10.1590/s1806-92902017000400006.
25. Yokoo MJI, Werneck JN, Pereira MC, de Albuquerque LG, Filho WK, Sainz RD, et al. Correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassom em bovinos de corte. *Pesqui Agropecuária Bras*. 2009;44(2):197–202. DOI:

10.1590/S0100-204X2009000200012.

26. de Faria CU, Magnabosco CU, Albuquerque LG de, Bezerra LAF, Lôbo RB. Estimativas de correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassonografia em bovinos Nelore utilizando modelos bayesianos linear-limiar. *Rev Bras Zootec.* 2009;38(11):2144–51. DOI: 10.1590/S1516-35982009001100011.
27. Van Tassell CP, Van Vleck LDD, Gregory KEE, Van Tassel CP, Van Vleck LDD, Gregory KEE. Bayesian analysis of twinning and ovulation rates using a multiple: trait threshold model and gibbs sampling. *J Anim Sci.* 1998;76(8):2048–61. DOI: 10.2527/1998.7682048x.
28. Souza JC de, Fonseca FJP da, Silva LOC da, Arruda RM da S de, Gondo A, Freitas JA de. Parâmetros e tendências genéticas para características produtivas de bovinos da raça Nelore. *Ciência Anim Bras.* 2018 Jul;19. DOI: 10.1590/1809-6891v19e-25316.
29. Moreira HL, Canova EB, Munari DP, Bezerra LAF, Lôbo RB, Paz CCP. Parâmetros genéticos para período de gestação e características de crescimento pré e pós desmame em bovinos Nelore. *Bol Indústria Anim.* 2015;72(2):130–5. DOI: 10.17523/bia.v72n2p130.
30. Passafaro TL, Fragomeni BO de, Gonçalves DR, de Moraes MM, Buranelo Toral FL. Análise genética do peso em um rebanho de bovinos Nelore. *Pesqui Agropecu Bras.* 2016;51(2):149–58. DOI:10.1590/S0100-204X2016000200007.
31. Araújo C V., Nehls WF, Laureano MMM, Zubler R, Lôbo RB, Figueiredo LGG, et al. Modelos de regressão aleatória para características de crescimento de bovinos da raça Nelore do estado de Mato Grosso. *Arq Bras Med Vet e Zootec.* 2016;68(2):448–56. DOI: 10.1590/1678-4162-8340.
32. Barbosa ACB, Carneiro PLS, Rezende MPG, Ramos IO, Martin-Filho R, Malhado CHM, et al. Parâmetros genéticos para características de crescimento e reprodutivas em bovinos Nelore no Brasil. *Arch Zootec.* 2017 Jul;66(255):447. DOI: 10.21071/az.v66i255.2523.
33. Menezes LM de, Pedrosa AC, Pedroso D, Fernandes S. Desempenho de bovinos nelore e cruzados blonde d'aquitaine x nelore do nascimento ao desmame. *Rev Bras Saude e Prod Anim.* 2013;14(1):177–84. DOI: 10.1590/S1519-99402013000100018.
34. Kamei LM, De Azambuja Ribeiro EL, Fonseca NAN, De Souza Dantas Muniz CA, Camiloti TV, Koritiaki NA, et al. Genetic parameters of growth traits in Nellore cattle. *Semin Agrar.* 2017;38(3):1503–10.
35. Evangelista AF, Borges L da S, Fonseca WJL, Cavalcante DH. Genetic parameters for growth traits in tabapuã cattle. *Med Vet.* 2019;13(3):454–63.
36. de Lira TS, Pereira L de S, Lopes FB, Ferreira JL, Lôbo RB, Santos GC de J. Tendências genéticas para características de crescimento em rebanhos nelore criados na região do trópico úmido do Brasil. *Cienc Anim Bras.* 2013;14(1):23–31. DOI:

10.5216/cab.v14i1.16785.

37. Souza JC, Silva LOC, Gondo A, Freitas JA, Malhado CHM, Filho PBF, et al. Parâmetros e tendência genética de peso de bovinos criados á pasto no Brasil. *Arch Zootec.* 2011;60(231):457–65. DOI: 10.4321/S0004-05922011000300035.
38. Lopes FB, Ferreira JL, Lobo RB, Rosa GJM. Bayesian analyses of genetic parameters for growth traits in Nelore cattle raised on pasture. *Genet Mol Res.* 2017;16(3):1–10. DOI: 10.4238/gmr16039606.
39. Araújo CV de, Lôbo RB, Girardi G, Jonasson C, Marianna M, Cristina T, et al. Estimates of genetic parameters of growth traits of Nelore cattle in the Midwest region of Brazil. Despite being among the lar. *Rev Bras Saúde e Produção Anim.* 2014;15:846–53. DOI: doi.org/10.1590/S1519-99402014000400006.
40. Brunes LC, Baldi F, E Costa MFO, Lobo RB, Lopes FB, Magnabosco CU. Genetic-quantitative analysis for reproductive traits in Nellor cattle selected for sexual precocity. *Anim Prod Sci.* 2020;60(7):896–902. DOI: doi.org/10.1071/AN19120.
41. Buzanskas ME, Pires PS, Chud TCS, Bernardes PA, Rola LD, Savegnago RP, et al. Parameter estimates for reproductive and carcass traits in Nelore beef cattle. *Theriogenology.* 2017;92:204–9. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2016.09.057.
42. Schmidt PI, Campos GS, Lôbo RB, Souza FRP, Brauner CC, Boligon AA. Genetic Analysis of Age at First Calving, Accumulated Productivity, Stayability and Mature Weight of Nelore Females. *Theriogenology.* 2018;108:81–7. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2017.11.035.
43. Kluskaa S, Olivieria BF, Bonamy M, Chiaiaa HLJ, Feitosaa FLB, Bertona MP, et al. Estimates of genetic parameters for growth, reproductive, and carcass traits in Nelore cattle using the single step genomic BLUP procedure. *Livest Sci.* 2018;216:203–9. DOI: 10.1016/j.livsci.2018.08.015.
44. Costa E V., Ventura HT, Veroneze R, Silva FF, Pereira MA, Lopes PS. Estimated genetic associations among reproductive traits in Nelore cattle using Bayesian analysis. *Anim Reprod Sci.* 2020;214(January):106305. DOI:10.1016/j.anireprosci.2020.106305.
45. MacNeil MD, Geary TW, Perry GA, Roberts AJ, Alexander LJ. Genetic partitioning of variation in ovulatory follicle size and probability of pregnancy in beef cattle. *J Anim Sci.* 2006;84(7):1646–50. DOI: 10.2527/jas.2005-698.
46. Gressler SL, Gressler MGM, Bergmann JAG. Fatores ambientes e estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal na raça Nelore. *Arq Bras Med Vet e Zootec.* 2014;66(4):986–94. DOI: 10.1590/1678-6219.
47. Schmidt PI, Campos GS, Roso VM, Souza FRP, Boligon AA. Genetic analysis of female reproductive efficiency, scrotal circumference and growth traits in Nelore cattle. *Theriogenology.* 2019;128:47–53. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2019.01.032.

48. Silva T de L, Carneiro PLS, Ambrosini DP, Lôbo RB, Filho RM, Malhado CHM. Genotype-environment interaction in the genetic variability analysis of reproductive traits in Nellore cattle. *Livest Sci.* 2019;230(May):103825. DOI: 10.1016/j.livsci.2019.103825.
49. Ramos PVB, e Silva FF, da Silva LOC, Santiago GG, Menezes GR de O, Soriano Viana JM, et al. Genomic evaluation for novel stayability traits in Nellore cattle. *Reprod Domest Anim.* 2020;55(3):266–73. DOI: 10.1111/rda.13612.
50. Lôbo RB, Bezerra LAF, Faria, CU, Vozzi PA, Magnabosco CU, Bergmann JAG, Oliveira HN, Castro LM, PEreira ASC, Aguilari I, Baldi F. Sumário de Touros das Raças Nelore, Guzerá, Brahman e Tabapuã. : Edição Maio de 2020. Ribeirão Preto, ANCP. 2020. p. 92.
51. Brumatti RC, Ferraz JBS, Eler JP, Formigoni EIB, Formigoni IB. Desenvolvimento de índice de seleção em gado corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico. *Arch Zootec.* 2011;60(230):205–13. DOI: 10.4321/S0004-05922011000200005.
52. Dias LT, Faro LE, Albuquerque LG. Estimativas de herdabilidade para idade ao primeiro parto de novilhas da raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2004;97–102.
53. de Paula EJH, Martins EN, Oliveira CAL de, Magnabosco CU, Sainz RD, Geron LJV, et al. Associations between reproductive and carcass traits in Nellore. *Semin Agrar.* 2015;36(6):4423–34.
54. Eler JP, Silva JAI V., Evans JL, Ferraz JBS, Dias F, Golden BL. Additive genetic relationships between heifer pregnancy and scrotal circumference in Nellore cattle1. *J Anim Sci.* 2004 Sep;82(9):2519–27. DOI: 10.2527/2004.8292519x.
55. Eler JP; Santana Junior ML; Ferraz JBS. Seleção para precocidade sexual e produtividade da fêmea em bovinos de corte. *Estudos.* 2010;37(9/10):699–711.
56. Paterno FM, Buzanskas ME, Koury filho W, Lôbo RB, Queiroz SA. Genetic analysis of visual assessment and body weight traits and their relationships with reproductive traits in Nellore cattle. *J Agric Sci.* 2017;31;155(4):679–87. DOI:10.1017/S0021859617000028.
57. Terakado APN, Boligon AA, Baldi F, Silva JAI V., Albuquerque LG. Genetic associations between scrotal circumference and female reproductive traits in Nelore cattle1. *J Anim Sci.* 2015 Jun;93(6):2706–13.
58. Tramonte NC. Relações genéticas entre índices de biotipo animal e características de importância econômica em bovinos Nelore. [Dissertação]. Jaboticabal:Universidade Estadual de São Paulo, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias;2018.
59. Hudson GFS, Van Vleck LD. Relations between production and stayability in Holstein cattle. *J Dairy Sci.* 1981;64:2246–2250.
60. ANCP- Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores. Características avaliadas

[acesso em 14 dez 2020]. Disponível em: <https://www.ancp.org.br/programas/conceitos-basicos/caracteristicas-avaliadas/>.

61. Tanaka ALR, Neves HHR, Oliveira JA, Carvalheiro R, Queiroz SA. Índice de seleção bioeconômico para fêmeas de corte da raça Nelore. *Arch Zootec.* 2012 Dec;61(236):537–48. DOI:10.4321/S0004-05922012000400006.
62. Rizzo ECA, Neto FRA, Diaz IDPS, Dias MM, Costa RB, Ventura HT, et al. Genetic association of productive and reproductive traits with stayability in nellore cattle: Analysis using Bayesian models. *Genet Mol Res.* 2015;14(4):14956–66. DOI: 10.4238/2015.November.24.3.
63. de Faria CU, Magnabosco CU, De Albuquerque LG, Reyes ADL, Bezerra LAF, Lobo RB. Análise genética de escores de avaliação visual de bovinos com modelos bayesianos de limiar e linear. *Pesqui Agropecu Bras.* 2008;43(7):835–41.
64. Aurélio Neto O. O Brasil no mercado mundial de carne bovina: análise da competitividade da produção e da logística de exportação brasileira. *Ateliê Geográfico.* 2018;12(2):183. DOI: 10.5216/ag.v12i2.47471.
65. de Faria CU, de Andrade WBF, de Pereira CF, da Silva RP, Lôbo RB. Análise bayesiana para características de carcaça avaliadas por ultrassonografia de bovinos da raça Nelore Mocho, criados em bioma Cerrado. *Cienc Rural.* 2015;45(2):317–22. DOI: 10.1590/0103-8478cr20140331.
66. Ceacero TM, Mercadante MEZ, Cyrillo JNDSG, Canesin RC, Bonilha SFM, De Albuquerque LG. Phenotypic and genetic correlations of feed efficiency traits with growth and carcass traits in nellore cattle selected for postweaning weight. *PLoS One.* 2016;11(8):1–11. DOI: 10.1371/journal.pone.0161366.
67. Feitosa FLB, Olivieri BF, Aboujaoude C, Pereira ASC, de Lemos MVA, Chiaia HLJ, et al. Genetic correlation estimates between beef fatty acid profile with meat and carcass traits in Nellore cattle finished in feedlot. *J Appl Genet.* 2017;58(1):123–32. DOI: 10.1007/s13353-016-0360-7.
68. Brunes LC. Estudo genético-quantitativo de características de crescimento, reprodução, carcaça e escores visuais em um rebanho nelore sob seleção para precocidade sexual. [Dissertação]. Goiânia. Universidade Federal de Goiás: Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ); 2017.
69. Guimarães NC. Parâmetros genéticos de caracteres quantitativos relacionados à produtividade de rebanhos selecionados da raça Nelore. [Dissertação]. Goiânia. Universidade Federal de Goiás: Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ); 2016.
70. Mamede MMS. Análise genética para maciez de carne e suas relações com as características produtivas em bovinos Nelore mocho. [Tese]. Goiânia. Universidade Federal de Goiás: Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ); 2015.
71. Magnabosco CU de, Sainz RD, Faria CU, Yokoo MJ, Manicardi F, Barbosa V, Guedes

- C, Pereira A, Araújo FRC, Sanches AC, Lobo R. Avaliação genética e critérios de seleção para características de carcaça em zebuínos: relevância econômica para mercados globalizados. 2006;1–30.
72. Yokoo MJ-I, Magnabosco C de U, Gonzalez RDS, Faria CU de, Araujo FR da C, Rosa GJ e M, et al. Avaliação Genética de Características de Carcaça Utilizando a Técnica do Ultrassom em Bovinos de Corte. Embrapa Pecuária Sul. 2011;115:35.
 73. R.L L. El sistema de evaluación de Ankony y su aplicación en la mejora del ganado. Corporation A, editor. Colorado; 1973.
 74. Fries L. Uso de escores visuais em programas de seleção para produtividade em gado de corte. In: ABCZ, editor. In: Seminário nacional - revisão de criterios de seleção e julgamento em gado de corte. Uberaba - MG; 1996.
 75. Guidelines B-. For Uniforme Beef Improvement Programs. Animal & Dairy Science Departament. 1974.
 76. Magnabosco CU, Faria CU de, Madureira AP, Rosa GJB, Lôbo RB, Sainz RD. Análise genética de características morfológicas em bovinos da raça Nelore utilizando modelos de limiar. Reun Anu DA Soc Bras Zootec. 2005;42.
 77. de Faria CU, Magnabosco CU, Albuquerque LG, Reyes ADL, Saueressig MG, Lobo RB. Utilização de escores visuais de características morfológicas de bovinos Nelore como ferramenta para o melhoramento genético animal. Planaltina: Embrapa Cerrados; 2007. 39 p.
 78. de Faria CU; Koury Filho W., Magnabosco CU, Albuquerque, L. G.; Bezerra, L. A. F.; Lôbo RB. Bayesian inference in genetic parameter estimation of visual scores in Nellore beef-cattle. Genet Mol Biol. 2009;32(4):753–60.
 79. Boligon AA, De Vargas L, Silveira DD, Roso VM, Campos GS, Vaz RZ, et al. Genetic models for breed quality and navel development scores and its associations with growth traits in beef cattle. Trop Anim Health Prod. 2016 Dec;48(8):1679–84. DOI: 10.1007/s11250-016-1143-1.
 80. Silva LAF da, Eurides D, Souza LA de, Oliveira BJNA de, Helou JB, Fonseca ÂM, et al. Tratamento de hérnia umbilical em bovinos. Rev Ceres. 2012 Feb;59(1):39–47.
 81. Herique Nuves de Oliveira. Grupos de Contemporâneos e conectabilidade. :1–12.
 82. de Faria CU, Magnabosco CU, Albuquerque LG de, Reyes AL, Saueressing MG, Lobo RB. Utilização de escores visuais de características de morfológicas de bovinos Nelore como ferramenta para o melhoramento genético animal. Planaltina- DF; 2007. 1–39.
 83. Carreño LOD, da Conceição Pessoa M, Espigolan R, Takada L, Bresolin T, Cavani L, et al. Genome Association Study for Visual Scores in Nellore Cattle Measured at Weaning. BMC Genomics. 2019 Dec 20;20(1):150. DOI: 10.1186/s12864-019-5520-9.
 84. Tramonte NC, Tonussi RL, Olivieri BF, Baldi F, Magnabosco CU, Lobo RB, Koury

- Filho W. Parâmetros genéticos e análises de componentes principais para peso corporal e características morfológicas em bovinos de corte da raça Nelore. SBMA. 2017;1–3.
85. de Faria CU, Pires BC, Vozzi AP, Magnabosco CU, Koury Filho W, Viu MAO, et al. Genetic correlations between categorical morphological traits in Nelore cattle by applying Bayesian analysis under a threshold animal model. *J Anim Breed Genet.* 2010 Oct;127(5):377–84. DOI: 10.1111/j.1439-0388.2010.00860.x.
 86. Watanabe RN. Incorporação de informação genômica para estimação de parâmetros genéticos de peso corporal e escores visuais na raça Nelore. [Dissertação]. Universidade Estadual Paulista: Faculdade de Ciências Agrárias; 2018.
 87. Faria CU, Magnabosco CU, Albuquerque LG de, Reyes A. de los, Bezerra LAF, Lôbo RB. Estimativas de correlações genéticas entre escores visuais e características de crescimento em bovinos da raça Nelore utilizando modelos bayesianos linear-limiar. *Ciência Anim Bras.* 2008;9:327–40.
 88. Lima PRM, Paiva SR, Cobuci JA, Neto JB, Machado CHC, McManus C. Genetic parameters for type classification of Nelore cattle on central performance tests at pasture in Brazil. *Trop Anim Health Prod.* 2013 Oct 9;45(7):1627–34. DOI: 10.1007/s11250-013-0408-1.
 89. Boligon AA, Albuquerque LG de. Correlações genéticas entre escores visuais e características reprodutivas em bovinos Nelore usando inferência bayesiana. *Pesqui Agropecuária Bras.* 2010;45(12):1412–8. DOI: 10.1590/S0100-204X2010001200011.
 90. Vargas G. A Genomic Association and Prediction of Principal Components of Growth Traits and visual scores in Nelore cattle. [Tese]. Universidade Estadual Paulista: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; 2018.
 91. Gianola D, Rodriguez-Zas S, Shook G. The Gibbs sampler in the animal model: a primer. In: *Séminaire Modele Animal.* France; 1994. p. 47–56.
 92. Hoeschele I, Gianola D. Bayesian Versus Maximum Quasi-Likelihood Methods for Sire Evaluation with Categorical Data. *J Dairy Sci.* 1989 Jun;72(6):1569–77. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(89)79268-7.
 93. Thompson R. Sire Evaluation. *Biometrics.* 1979 Mar;35(1):339.
 94. Ferreira, JW. Avaliação Genética de Animais para Características Categóricas – Uma Revisão. *Arq Ciênc Vet Zool.* 2008;11:121–8.
 95. Falconer DS. The inheritance of liability to certain diseases, estimated from the incidence among relatives. *Ann Hum Genet.* 1965 Aug;29(1):51–76. DOI: 10.1111/j.1469-1809.1965.tb00500.x.
 96. Everling DM, Bresolin T, Rorato PRN, Araujo RO, Boligon AA, Weber T, et al. Finishing precocity visual score and genetic associations with growth traits in Angus beef cattle. *Genet Mol Res.* 2014;13(3):7757–65. DOI: 10.4238/2014.September.26.13.

97. de Faria CU, Magnabosco CU, Borjas AR, Lôbo RB, Bezerra LAF. Inferência bayesiana e sua aplicação na avaliação genética de bovinos da raça nelore: revisão bibliográfica. *Ciência Anim Bras*. 2007;8(1):75–86.
98. Sima PS. Modelos estatísticos para análise genética de escores visuais em bovinos de corte.[Tese]. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais: Escola de Veterinária; 2015.
99. de Faria CU, Magnabosco CU, de Los Reyes A, Lôbo RB, Bezerra LAF. Inferência bayesiana e sua aplicação na avaliação genética de bovinos da raça Nelore: revisão bibliográfica. *Ciência Anim Bras [Internet]*. 2007;8(1):75–86.
100. Timpani VD, Nascimento TEC do. Uma Breve Introdução à Estatística Bayesiana Aplicada ao Melhoramento Genético Animal. 1st ed. Belém; 2015. 1–59 p.
101. Misztal I, Tsuruta S, Strabel T, Auvray B, Druet T, Lee DH. BLUPF90 and related programs (BGF90). *Proc 7th world Congr Genet Appl to Livest Prod*. 2002;743-744.
102. Tsuruta S, Misztal I. THRGIBBS1F90 for estimation of variance component with threshold and linear models. *WORLD Congr Genet Appl TO Livest Prod*. 2006;8:27–31.
103. da Silveira DD, De Vargas L, Pereira RJ, Campos GS, Vaz RZ, Lôbo RB, et al. Quantitative study of genetic gain for growth, carcass, and morphological traits of Nelore cattle. Plaizier J, editor. *Can J Anim Sci*. 2019 Jun 1;99(2):296–306. DOI: 10.1139/cjas-2018-0078.
104. Figueiredo Filho LAS, Sarmiento JLR, Guimarães Campelo JE, Almeida MJ de O, Júnior A de S, Santos NP da S, et al. Genetic parameters for marbling and body score in Anglonubian goats using Bayesian inference via threshold and linear models. *Asian-Australasian J Anim Sci*. 2018 Sep 1;31(9):1407–14. DOI: 10.5713/ajas.17.0490.
105. Gianola D, Fernando RL. Bayesian methods in animal breeding theory. *J Anim Sci*. 1986;63:217–44. DOI: 10.2527/jas1986.631217x.
106. Kendall MG; Buckland WR. *A Dictionary of Statistical Terms*. Hafner, New York. 1971.
107. Magnabosco CU. Estimativas De Parâmetros Genéticos Em Características De Crescimento de Animais da Raça Nelore Usando os Métodos de Máxima Verossimilhança Restrita e Amostragem de Gibbs. [Tese]. Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo: Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. 1997.
108. Ehlers RS. *Inferência Bayesiana*. 6th ed. 2011. 1–106 p.
109. Carneiro Júnior JM, Assis GML de, Euclides RF, Lopes PS. Influência da informação a priori na avaliação genética animal utilizando dados simulados. *Rev Bras Zootec*. 2005 Dec;34(6):1905–13. DOI: 10.1590/S1516-35982005000600014.
110. Magnabosco CU, Lôbo RB F. Bayesian inference for genetic parameter estimation on

- growth traits for Nelore cattle in Brazil, using the Gibbs sampler. *J AnimGenet.* 2000;117:169–88.
111. de Oliveira AP, Malhado CHM, Barbosa LT, Martins Filho R, Carneiro PLS. Inferência Bayesiana na Avaliação Genética de Bovinos da Raça Tabapuã do Nordeste Brasileiro. *Rev Caatinga.* 2015 Dec;28(4):227–34. DOI: 10.1590/1983-21252015v28n425rc.
 112. Yokoo, Marcos Jun-Iti.; Rosa GJM, Cardoso FF, Magnabosc CU, Albuquerque LG. O uso da estatística Bayesiana no melhoramento genético animal: uma breve explicação. *Sci Agrar Parana - SAP.* 2013;12(4):247–57.
 113. A. Blasco. The Bayesian controversy in animal breeding. *J Anim Sci.* 2001;79:2023–2046.
 114. Van Tassel CP, Casella G, Pollak EJ. Effects of selection on estimates of variance components using Gibbs sampling and restricted maximum likelihood. *J Dairy Sci.* 1995;78:678–92. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(95)76680-2.
 115. Magnabosco CU, de Faria CU, R, A. de Los.; Lôbo RB.; Sainz RD. Implementação da amostragem de Gibbs na estimação de componentes de (co)variância parâmetros genéticos em dados de campo de bovinos Nelore. *Bol Pesqui.* 2002;1:46.
 116. Junior RP. Introdução a Inferência Bayesiana. In 2019.
 117. Miyake BT, Dogo T, Moriya K, Sasaki Y. Bayesian analysis for existence of segregation of major genes affecting carcass traits in Japanese Black cattle population. *J Anim Breed Genet.* 1999 Jun;116(3):207–15. DOI: 10.1046/j.1439-0388.1999.00187.x.
 118. Smith BJ. BOA: an R package for MCMC output convergence assessment and posterior inference. *J Stat Softw.* 1997;21:2–37.
 119. Balbino FO. Estimação de Propriedades Dinâmicas de Materiais Viscoelásticos Utilizando Abordagem Bayesiana. [Tese]. Universidade Federal do Paraná. Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica; 2016.
 120. Geweke J. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculations of posterior moments. *Bayesian Stat.* 1992;4:641–9.
 121. Heidelberger P WS. Simulation run length control in the presence of an initial transient. *Oper Res.* 1983;31(6):1109–44. DOI: 10.1287/opre.31.6.1109.
 122. Raftery AL LS. How many iterations in the Gibbs sampler. *Bayesian Stat.* 1992;763–74.
 123. Cowles M, Carlin B. Markov chain Monte Carlo convergence diagnostics: a comparative review. *J Am Stat Assoc.* 1996;91(434):883–1996.

CAPÍTULO 2 – PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, DESEMPENHO E DE CARÇAÇA EM BOVINOS NELORE

RESUMO

Objetivou-se, com este estudo, estimar os parâmetros genéticos entre os escores visuais e características de crescimento e carcaça, em bovinos da raça Nelore, utilizando inferência Bayesiana; bem como as respostas diretas e correlacionadas para características morfológicas quando a seleção genética é realizada para outras características de importância econômica. Foram avaliados 12.060 bovinos Nelore, nascidos entre 2001 a 2020, pertencentes a HoRa Hofig Ramos, localizada no município de Brasilândia, Mato Grosso do Sul. Foram utilizados dados de escores visuais de 4.175 bovinos da raça Nelore, como musculosidade (M), estrutura (E), racial (R), conformação (C), ônfalo (O) e osso sacro (SAC). Além disso, foram avaliadas o peso aos 120 (P120), 210 (P210), 365 (P365) e 450 (P450) dias de idade, área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EG), espessura de gordura na garupa (EGP8). As informações de genealogia, utilizadas para compor a matriz de parentesco foram fornecidas pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). Foram realizadas análises bicaracterísticas para estimação dos componentes de (co)variância, herdabilidades e correlações genéticas, residuais e fenotípicas, utilizando modelo animal linear-limiar sob abordagem bayesiana, para características de crescimento e carcaça com escores visuais, com auxílio do THRGIBBS1F90. As estimativas de herdabilidade obtidas apresentam grande amplitude, variando de baixa a alta magnitude: 0,21; 0,28; 0,25; 0,25; 0,15; 0,18; 0,27; 0,28; 0,34; 0,44; 0,42; 0,46 e 0,46 para M, E, R, C, O, SAC, P120, P210, P365, P450, AOL, EG, EGP8, respectivamente. Esses resultados indicam viabilidade de seleção e obtenção de ganhos genéticos, principalmente para características de crescimento e carcaça. No entanto, mesmo que as estimativas de herdabilidade para escores visuais terem sido de maneira geral de moderada magnitude, a seleção para as mesmas é viável. As estimativas de herdabilidade materna para P120 e P210 foram: 0,16 e 0,13, respectivamente, indicando efeitos genéticos das matrizes no desempenho das progênie até a fase da desmama, para características de crescimento. As correlações genéticas entre características de escores visuais e de crescimento foram, de maneira geral, moderadas a altas, com exceção entre R com P365 e P450, C com P210 e P450, O com P120, P210 e P450, e SAC com P210, P365 e P450 que foram baixas. As correlações genéticas entre características de escores visuais e carcaça foram, de maneira geral, baixas, com exceção entre AOL com E e SAC que foram moderadas. As estimativas de correlação genética indicam que a seleção direta para as características de escores visuais podem influenciar o peso corporal e vice-versa, sendo essas respostas favoráveis. De acordo com a eficiência relativa de seleção (ERS), espera-se maior ganho genético para escores visuais se a seleção for realizada diretamente para eles, do que seleção para crescimento e carcaça, devendo estas serem utilizadas como critério de seleção complementares. Contudo, a seleção para P365 e P450 poderá resultar em maiores ganhos genéticos em M e a seleção para AOL em SAC, do que a seleção direta para essas características.

Palavras-chave: associação genética, crescimento, composição da carcaça, escores visuais, zebuínos.

CHAPTER 2 – GENETIC PARAMETERS FOR MORPHOLOGICAL, PERFORMANCE AND CARCASS TRAITS IN NELORE CATTLE

ABSTRACT

The aim of this study was to estimate the genetic parameters between visual scores and growth and carcass traits in Nelore cattle, using Bayesian inference; and the direct and correlated responses in the morphological traits when genetic selection is carried out for other profitability traits. A total of 12,060 Nelore cattle, born between 2001 and 2020, belonging to HoRa Hofig Ramos, located in the municipality of Brasilândia, Mato Grosso do Sul, were evaluated. Visual scores data from 4,175 Nelore cattle were used, such as muscling (M), physical structure (PS), racial (R), conformation (C), navel (N), and sacrum bone (SAC). Besides, weights at 120 (W120), 210 (W210), 365 (W365), and 450 (W450) days of age, rib eye area (REA), backfat thickness (BF), rump fat thickness (RF) were evaluated. The National Association of Breeders and Researchers (ANCP) provided the genealogy information used to compose the kinship matrix. Two-trait analyzes were performed to estimate the components of (co)variance, heritabilities and genetic, residual, and phenotypic correlations, using linear-threshold animal model under the Bayesian inference, for growth and carcass with visual scores traits, with the aid of THRGIBBS1F90. The heritability estimates obtained are very wide, varying from low to high magnitude: 0.21; 0.28; 0.25; 0.25; 0.15; 0.18; 0.27; 0.28; 0.34; 0.44; 0.42; 0.46 and 0.46 for M, PS, R, C, N, SAC, W120, W210, W365, W450, REA, BF, RF, respectively. These results indicate the viability of selecting and obtaining genetic gains, mainly for growth and carcass traits. Still, genetic selection for visual scores is feasible. The maternal heritability estimates for W120 and W210 were: 0.16 and 0.13, respectively, indicating the dam genetic effects on the progenies' performance until the weaning, for growth traits. The genetic correlations between visual scores and growth traits were, in general, moderate to high, except for R with W365 and W450, C with W210 and W450, N with W120, W210, and W450, and SAC with W210, W365, and W450 that were low. The genetic correlations between visual scores and carcass traits were, in general, low, except for REA with PS and SAC, which were moderate. Genetic correlation estimates indicate that direct selection for visual score traits may influence body weight and vice versa, and these responses are favorable. Even so, higher genetic gain for visual scores is expected if the selection is made directly for them, than selection for growth and carcass and these should be used as complementary selection criteria. However, selection for W365 and W450 may result in higher genetic gains in M and selection for REA in SAC, than direct selection for these traits.

Keywords: genetic association, growth, carcass composition, visual scores, zebu.

1. INTRODUÇÃO

A crescente participação da agropecuária no produto interno bruto (PIB) brasileiro¹ e a importância econômica desta atividade aliada a globalização e ao aumento da exigência de produtos cárneos de maior qualidade², impulsionou as buscas por sistemas de produção de maior rentabilidade e qualidade do produto final³. No entanto, características ligadas a produção, que engloba as características de crescimento, ainda são as mais utilizadas como critérios de seleção para bovinos de corte por serem de fácil mensuração e apresentarem estimativas de herdabilidade de média a alta magnitude, sugerindo elevado progresso genético, aliadas ao fato de que o objetivo final da produção de bovinos de corte é a produção de carne em kg^{4,5-6}. Aliado a isso, a seleção para características de carcaça avaliadas por ultrassonografia, faz-se necessário uma vez que estão diretamente relacionadas ao rendimento e acabamento da carcaça, sendo características que apresentam alta variabilidade genética⁷⁻⁸.

Porém, apesar da importância econômica da seleção para características de desenvolvimento ponderal e de carcaça, as mesmas quando avaliadas isoladamente não são indicadores diretos da composição corporal⁹. Além disso, a seleção maciça para peso, a longo prazo, pode levar ao aumento do peso adulto e, conseqüentemente ao aumento das exigências de manutenção e obtenção de animais mais tardios quando ao desempenho sexual e ao acabamento de carcaça¹⁰, o que poderia resultar em atributos opostos aos desejáveis nos sistemas de criação de bovinos. Esses efeitos impulsionaram a busca por características relacionadas a produtividade, precocidade e deposição de tecido na carcaça¹¹.

Assim a seleção de animais baseados em características ponderais e de carcaça aliadas a uma melhor morfologia faz-se necessário caso deseje-se atender as demandas do mercado consumidor. Características de avaliação visual ou morfológicas podem ser utilizadas para auxiliar a identificação e seleção de animais para objetivos específicos do sistema produtivo de bovinos, como a precocidade sexual e de terminação e a composição de carcaça^{12,13}, levando à obtenção de animais mais harmônicos. Como resultado, é possível a obtenção de animais com maior desempenho produtivo, reprodutivo, funcionalidade e de carcaça que atenda à demanda para qualidade e rendimento e também animais mais adaptados ao ambiente que serão criados¹⁴. Em adição, a avaliação visual apresenta baixo custo de realização, quando se leva em consideração a possibilidade de avaliação de um maior número de animais ainda jovens e por ser menos invasiva que avaliações objetivas, sendo mais ágil e menos estressante para os animais⁹⁻¹⁵.

Nesse sentido, é importante considerar as associações entre as características a serem incluídas nos programas de melhoramento genético, a fim de conhecer as alterações que podem ser esperadas em decorrência da seleção, resultando na obtenção de animais que atendam os diversos objetivos produtivos e de mercado com foco em produtividade e qualidade de carcaça. Além disso, é importante conhecer as respostas esperadas em decorrência da seleção genética para definição do delineamento dos programas de seleção genética.

Objetivou-se com este trabalho estimar os parâmetros genéticos de escores visuais, características de crescimento e carcaça, em bovinos da raça Nelore, utilizando inferência Bayesiana. Além disso, foram estimadas as respostas diretas e correlacionadas nas características morfológicas quando a seleção genética é realizada diretamente a elas ou para outras características de importância econômica. A hipótese do presente estudo foi que é possível a obtenção de ganhos genéticos em características de escores visuais através da seleção genética e que está tem efeito desejável em características de desenvolvimento ponderal e de carcaça medidas por ultrassonografia em bovinos Nelore.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Informações gerais sobre a base de dados

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Experimentação Animal/CEUA da Universidade Federal de Goiás, protocolo N. 089/20. O arquivo de dados utilizados continha informações de 12.060 bovinos da raça Nelore (7.804 fêmeas e 4.256 machos), nascidos entre 2001 a 2020, pertencentes a HoRa Hofig Ramos, localizada no município de Brasilândia, Mato Grosso do Sul. Foram utilizados dados de escores visuais de 4.175 bovinos da raça Nelore, com idade média de 22 meses. As informações de genealogia, utilizadas para compor a matriz de parentesco foram fornecidas pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). A matriz de parentesco foi composta por 20.390 animais, sendo 1.407 touros e 10.633 vacas com progênie. Os animais que compuseram a base de dados apresentam endogamia média de 0,80% e a proporção de indivíduos endogâmicos sobre a população total foi de 0,94%. Esses parâmetros foram estimados utilizando o programa INBUPGF90¹⁶.

2.2 Características avaliadas

Como características de crescimento foram analisados o peso aos 120 (P120), 210 (P210), 365 (P365), 450 (P450) dias de idade. O peso padronizado foi obtido utilizando a fórmula proposta por Garner et al.¹⁷, na qual o ganho médio diário (kg/dia) de cada fase da vida do animal e o intervalo em dias da idade padronizada e a idade real de mensuração do peso foram utilizados para fazer o ajuste.

Para avaliação das características de carcaça, foram coletadas imagens de ultrassom da área de olho de lombo (AOL, cm²), espessura de gordura subcutânea (EG, mm) e espessura de gordura subcutânea na garupa (EGP8, mm). Essas medidas foram tomadas no músculo *Longissimus dorsi* entre a 12° e 13° costela (AOL e EG) e na garupa entre o íleo e o ísquio, medida na intersecção dos músculos *Gluteus medius* e *Biceps femoris* (EGP8), como descrito por BIF¹⁸. A ultrassonografia foi realizada utilizando aparelho ALOKA 500V, com sonda linear de 17,2 cm, de 3,5 MHz e um acoplador acústico com um sistema de captura de imagens (Blackbox, Biotronics Inc., Ames, IA, EUA).

Para avaliação de escores visuais, os animais foram avaliados pelo método denominado MERCOS¹⁹, que engloba a musculosidade (M), estrutura (E), aspectos raciais (R), conformação (C), ônfalo (O), aspectos sexuais (S) e osso sacro (SAC), porém não foi considerada a avaliação de aspectos sexuais nas análises.

A avaliação visual foi realizada dentro do mesmo lote de manejo, ou seja, animais de mesmo sexo, nascidos no mesmo ano e estação de nascimento e que receberam as mesmas condições de manejo, sendo os escores atribuídos a cada animal relativos ao perfil médio do lote para cada característica, comparativamente. Nessa etapa, procurou-se visualizar os indivíduos superiores, intermediários e inferiores dentro de cada grupo, para então ser atribuídos os escores individuais em relação ao lote¹⁹. Assim, um animal que comparado ao seu lote de manejo, foi considerado intermediário (escore igual a três, para características de 1 a 5), representou a referência para a classificação dos demais abaixo ou acima da média. Para animais adultos, os escores atribuídos às características visuais foram relativas a um tipo morfológico de referência da raça, não sendo utilizado o mesmo critério comparativo dentro de cada lote de manejo, aplicado em animais em crescimento²⁰.

2.3 Consistência dos dados

Para a execução das análises genéticas foram realizadas restrições ao banco de dados, objetivando-se garantir a consistência das informações. A edição, consistência e análise descritiva dos dados foram realizadas com a utilização do programa R²¹. Os dados foram previamente avaliados com modelos mistos e análise de variância para identificar os fatores não genéticos que influenciaram as características em questão, sendo identificados os efeitos significativos ($P < 0,05$). A partir dessa análise, definiu-se os grupos de contemporâneos (CG) e as covariáveis inclusas nos modelos para análise genética. Assim, para as características de crescimento e carcaça, os GC foram constituídos por animais de mesma fazenda, nascidos no mesmo ano e estação de nascimento, com o mesmo sexo e lote de manejo no momento de mensuração e/ou avaliação de cada característica. A estação de nascimento dos animais foi agrupada em duas classes. Sendo a seca, de abril a setembro, e chuvosa de outubro a março. Para garantir maior variabilidade dentro dos GCs para as características de escores visuais, de forma que os GCs apresentassem animais em todas os escores, este foi composto apenas por animais de mesma fazenda e ano de nascimento, sendo os demais efeitos significativos inclusos no modelo como efeito fixo separadamente.

Na consistência dos dados, GC com menos de quatro animais e animais cuja informações estavam acima ou abaixo de 3,5 desvios-padrão em relação à média do respectivo GC foram excluídos das análises. Além disso, para M e E foram excluídas as observações dos animais que apresentaram escore igual a 1, devido à baixa frequência observada nestas características. Desta forma, para as análises genéticas foram consideradas

informações de 12.060 animais da raça Nelore. A distribuição dos escores para as características de avaliação visual estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição (%) para as características de escores visuais em bovinos Nelore

Características	Escores visuais				
	1	2	3 ^{*1}	4	5 ^{*2}
Musculatura	0,00	12,81	40,12	43,55	3,53
Estrutura	0,00	8,98	55,13	35,00	0,89
Aspectos Raciais	3,26	31,57	48,77	16,02	0,38
Conformação	0,72	20,17	48,60	29,58	0,93
Ônfalo	1,44	25,65	64,43	7,95	0,53
Sacro	11,71	79,90	8,38		

*¹Escore ideal para ônfalo e sacro; *²Escore ideal para musculabilidade, estrutura física, aspectos raciais e conformação.

2.4 Estimação dos componentes de (co)variância e parâmetros genéticos

Os valores iniciais dos componentes de (co)variância foram obtidos a partir de análises preliminares utilizando modelos lineares com abordagem da máxima verossimilhança restrita e programa REMLF90 e AIREMLF90¹⁶. Foram realizadas análises bicaracterísticas para estimação dos componentes de (co)variância, herdabilidades e correlações genéticas residuais e fenotípicas, usando modelo animal linear para características de crescimento e carcaça, e de limiar (*threshold*), para as características de escores visuais. Foi utilizado modelo com a combinação de características linear-limiar sob abordagem bayesiana, com auxílio do THRGIBBS1F90²², programa que estima os componentes de (co)variância e os parâmetros genéticos com um modelo animal misto *threshold* e permite a combinação de características categóricas e contínuas²³. O modelo geral pode ser representado com a equação abaixo:

$$y = X\beta + Z_1\alpha + Z_2m + Z_3c + e$$

Em que: y é o vetor das observações; β é o vetor dos efeitos fixos; α é o vetor dos efeitos genético aditivo direto; m é o vetor dos efeitos genéticos maternos; c é o vetor dos efeitos não correlacionados (efeitos de ambiente permanente maternal); X , Z_1 , Z_2 , Z_3 são as matrizes de incidência que relacionam β , α , m e c com y , respectivamente; e e é o vetor de efeitos residuais associados a cada observação. Como efeitos fixos, para as características de crescimento foram inclusos o GC e a idade da vaca ao parto como co-variável linear e quadrática, este último apenas para P120 e P210. Para as demais características não foram

utilizados efeito materno e de ambiente permanente, pois foi verificado através de análises de variância, que a contribuição desses efeitos na variância fenotípica foram inferiores a 3%.

Para as características de carcaça, foram considerados como efeitos fixos o GC e a idade do animal como co-variável linear e quadrática. Para as características de escores visuais, foi considerando como efeitos fixos o GC, além do sexo, estação de nascimento e lote de manejo aninhados e a idade do animal no momento da avaliação como co-variável linear e quadrática. O modelo de avaliação com a inclusão da idade como co-variável linear e quadrática apresentou os menores erros de predição, sendo definido como o mais adequado. Considerando que a avaliação visual foi realizada por um técnico apenas, esse efeito não foi incluso no modelo.

O número de observações e a estatística descritiva das características avaliadas estão apresentadas na Tabela 2.

Para análises bicaracterísticas entre medidas categóricas e contínuas, de acordo com a abordagem bayesiana, foi assumido que a distribuição dos efeitos genéticos aleatórios, não correlacionados e residual seguem distribuição normal multivariada, conforme abaixo:

$$\begin{bmatrix} \boldsymbol{\alpha} \\ \boldsymbol{m} \\ \boldsymbol{c} \\ \boldsymbol{e} \end{bmatrix} \sim \mathcal{N}(\mathbf{0}, \boldsymbol{V})$$

$$\boldsymbol{V} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{G} \otimes \boldsymbol{A} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \boldsymbol{E} \boldsymbol{c} \otimes \boldsymbol{I}_{N_m} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \boldsymbol{R} \otimes \boldsymbol{I}_N \end{bmatrix}$$

Em que: \boldsymbol{G} são as (co)variâncias do efeito genético direto; \boldsymbol{A} é a matriz de pedigree; $\boldsymbol{E} \boldsymbol{c}$ é a matriz de covariância do efeito de ambiente permanente maternal; \boldsymbol{I} é uma matriz identidade; N_m é o número de vacas (mães) de animais com informações fenotípicas; N é o número de animais com informações fenotípicas; \boldsymbol{R} é a matriz de covariância residual; \otimes é o produto entre duas matrizes. Para matriz \boldsymbol{G} :

$$\boldsymbol{G} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{G}d & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \boldsymbol{G}m \end{bmatrix}$$

Em que: $\boldsymbol{G}d$ e $\boldsymbol{G}m$ são a matriz do efeito aditivo direto e materno, respectivamente.

No modelo de limiar, foi assumido que a escala subjacente apresenta distribuição normal continua sendo representada como:

$$\boldsymbol{U} | \boldsymbol{\theta} \sim \mathcal{N}(\boldsymbol{W}\boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{I}\sigma_e^2)$$

Em que: U é o vetor de escala subjacente com ordem r , que é o número de animais; $\theta' = (\beta', \alpha', m', c')$ é o vetor dos parâmetros de locação de ordem s , onde s é o número de efeitos do modelo e β é o vetor dos efeitos de ordem s com α , m , c , como efeitos aleatórios genéticos aditivo direto, materno e de ambiente permanente, respectivamente; W é a matriz de incidência de ordem r por s ; I é a matriz de identidade de ordem r por r ; e σ_e^2 é a variância residual.

Tabela 2- Estatística descritiva para características de crescimento, carcaça e escores visuais em bovinos da raça Nelore

Característica	Nº	Touros	Vacas	Min.	Max.	Média	Moda	DP	CV (%)	Nº GC	Média do nº obs. GC
P120 (kg)	7131	129	4466	69	199	137,29	138,00	19,46	14,18	103	27
P210 (kg)	6879	127	4622	100	279	204,08	206,00	25,99	12,74	106	23
P365 (kg)	5287	121	3745	162	408	260,00	260,00	34,63	13,32	50	47
P450 (kg)	4220	110	3157	182	476	300,83	269,00	47,09	15,65	40	43
AOL (cm ²)	2177	81	1222	31	88	58,92	60,00	9,31	15,80	45	15
EG (mm)	2173	81	1222	1	11	3,50	3,00	1,65	47,11	45	15
EGP8 (mm)	2172	81	1222	1	15	5,16	5,00	2,17	4,14	45	15
M	4170	101	3066	2	5	2,38	4,00	0,75	31,52	23	182
E	4154	101	3055	2	5	2,28	3,00	0,63	27,70	23	182
R	4175	101	3069	1	5	2,79	3,00	0,76	27,24	23	182
C	4175	101	3069	1	5	3,10	3,00	0,74	24,02	23	182
O	4175	101	3069	1	5	2,80	3,00	0,61	21,88	23	182
SAC	4175	101	3069	1	3	1,97	2,00	0,45	22,73	23	182

Nº: número de observações; Min.: valores mínimos; Max.: valores máximos; DP: desvio-padrão; CV: coeficiente de variação; Nº GC: número de grupo de contemporâneos; Média do nº obs. GC: média de animais por grupo de contemporâneos; P120: peso aos 120 dias de idade; P210: peso aos 210 dias de idade; P365: peso aos 365 dias de idade; P450: peso aos 450 dias de idade; AOL: área de olho de lombo; EG: espessura de gordura subcutânea; EGP8: espessura de gordura subcutânea na garupa; M: musculatura; E: estrutura física; R: aspectos raciais; C: conformação; O: ônfalo; SAC: sacro.

Considerando que a variável na distribuição subjacente não é observável, a parametrização $\sigma_{\epsilon}^2 = 1$ foi adotada para se obter identificabilidade na função de verossimilhança²⁴. A probabilidade condicional que y_i seja encontrada dentro de uma categoria j ($j = 1, 2, 3, 4, 5$), dados os vetores β, α, m, c, t ($t = t_{min}, t_1, \dots, t_{j-1}, t_{max}$) é dado por:

$$\begin{aligned} \Pr(y_i = j | \beta, \alpha, m, c, t) &= \Pr(t_{j-1} < U < t_j | \beta, \alpha, m, c, t) \\ &= \Phi(t_j - X_i' \beta - z_i' \alpha - z_i' m - z_i' c) \\ &\quad - \Phi(t_{j-1} - X_i' \beta - z_i' \alpha - z_i' m - z_i' c) \\ &= p(y_i | \beta, \alpha, m, c, t) \end{aligned}$$

Características categóricas são determinadas por variáveis contínuas não observáveis, em escala subjacente, em que são fixados valores iniciais de limiares, na qual: $t_1 < t_2 \dots t_{j-1}$ com $t_0 = -\infty$ e $t_j = \infty$, onde j é o número de categorias. Os dados observados são dependentes de variável subjacente que é limitada por dois limiares não observáveis²⁵. Assim, as características categóricas de y_i (características de escores visuais) para cada animal i são definidas por U_i em uma escala subjacente:

$$y_1 = (1) t_0 < U_i \leq t_1; \quad (2) t_1 < U_i \leq t_2; \quad (3) t_2 < U_i \leq t_3; \quad (4) t_3 < U_i \leq t_4; \quad (5) t_4 < U_i \leq t_5$$

$i = 1, \dots, n$,

Em que: n é o número de observações para cada escore. Após as especificações dos limiares t_0 a t_5 é necessário que um dos limites (de t_1 a t_4) sejam ajustados para uma constante arbitrária²⁶. Assim, a variância residual e a covariância residual entre as características foi estimável e assumiu-se $t_1 = 0$ e $t_2 = 1$. Para as características M e E foi assumido que $t_1 = 0$, de forma que o vetor dos limiares estimáveis foram definidos como $t = t_2; t_3; t_4$ e t_5 .

Os vetores β, a, m e c são parâmetros de locação da distribuição condicional $y | \beta, a, m, c$. Foi considerado a *priori* que β tem uma distribuição uniforme, que reflete um conhecimento prévio vago sobre esse vetor. Para os outros componentes, foram atribuídas distribuições Wishart invertida foi definida como *priori*. Assim, a distribuição de y dado os parâmetros de locação e escala foi considerado como²⁷:

$$y|\beta, \alpha, m, c, R \sim N[X\beta + Z_1\alpha + Z_2m + Z_3c, I_N R]$$

Foram geradas cadeias de 200.000 até 400.000 iterações, com um *burn-in* de 100.000 até 300.000 ciclos e amostragem a cada 50 e 100 ciclos. As estimativas a *posteriori* foram obtidas utilizando o programa POSTGBBSF90¹⁶. A convergência foi verificada através da inspeção gráfica (gráficos *trace* e da densidade a *posteriori*) das variâncias genéticas, residuais, maternas e de ambiente permanente (apenas para P120 e P210) vs. as iterações. Além disso, a convergência das cadeias foi avaliada pelo critério proposto por Geweke, de modo que, na hipótese de nulidade testada, afirma-se que houve convergência, pois, valores de probabilidade abaixo de 0,05 indicam evidências opostas a convergência das cadeias²⁸. Também foi avaliada a autocorrelação entre as amostras. Essas análises foram realizadas com auxílio do pacote Boa²⁹ e EasyGEN³⁰ do programa R²¹. O total de amostras armazenadas para computar as médias a *posteriori*, desvio-padrão e intervalo de credibilidade variou de 1.000 a 3.000 de acordo com o tamanho da cadeia utilizado. As estimativas pontuais dos parâmetros foram calculadas como as médias, moda e mediana a *posteriori* dos seus respectivos componentes de variância, obtidos nas análises bicaracterísticas. Os intervalos de credibilidade das marginais posteriores foram obtidos com 95% de credibilidade.

2.5 Resposta à seleção

A resposta à seleção esperada foi estimada utilizando a seguinte equação³¹:

$$\Delta G_Y = r_{tiY} * i_Y * \sigma_{aY}$$

Em que: ΔG_Y é o ganho genético na característica Y por geração; r_{tiY} é a acurácia da predição genética de Y, obtida como raiz quadrada da herdabilidade; i_Y é a intensidade de seleção para a característica Y; e σ_{aY} é a variância genética, obtida como desvio-padrão (DP) do efeito genético aditivo na característica Y. Para definir a intensidade de seleção, foi considerada a proporção registros de fenótipos no conjunto de dados, onde características de crescimento e carcaça apresentaram maior proporção de fenótipos e maior intensidade de seleção, uma vez que essas características são avaliadas em ambos os sexos, são fáceis e de baixo custo de mensuração, além de serem critérios amplamente utilizados. Por outro lado, menor intensidade de seleção foi adotada para características de escores visuais que apresentam menor número de fenótipos coletados.

Assim, a intensidade de seleção assumida para as características relacionadas ao crescimento, carcaça e escores visuais foram 1.76, 1.76 e 0.97, respectivamente.

Respostas correlacionadas para características de escores visuais quando a seleção direta foi realizada para características de crescimento e carcaça, foram obtidas pela seguinte equação³¹.

$$\Delta G_{Y|X} = r_{g_{XY}} * r_{tiX} * i_X * \sigma_{aY}$$

Em que: $\Delta G_{Y|X}$ é o ganho genético por geração para a característica Y (escores visuais), dada a seleção para X (escores visuais, crescimento e carcaça); $r_{g_{XY}}$ é a correlação genética entre X com Y; r_{tiX} é a acurácia de predição genética de X; i_X é a intensidade de seleção para característica X; σ_{aY} é o DP do efeito genético aditivo da característica Y.

A eficiência relativa de seleção (ERS) foi calculada com a razão entre a resposta direta e indireta à seleção, conforme abaixo:

$$ERS = \Delta G_Y / \Delta G_{Y|X} * 100$$

Para valores de ERS abaixo de 100% (ou entre -1 a -100%), espera-se que o ganho genético para a característica Y seja maior se a seleção for realizada diretamente para característica X (característica indireta). No entanto, para valores de ERS acima de 100% (ou abaixo de -100%), espera-se que o ganho genético para característica Y seja maior se a seleção for feita diretamente para ela. Para a direção e resposta à seleção, os valores negativos indicam que a resposta é inversamente proporcional, enquanto, os valores positivos indicam que a seleção para aumento da característica X leva ao aumento também da característica Y.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias, modas e medianas das estimativas dos parâmetros genéticos obtidos nas análises genéticas para características de crescimento, carcaça e escores visuais foram similares, indicando simetria das distribuições *a posteriori*. Assim, a média foi utilizada como medida de tendência central da distribuição *a posteriori* dos parâmetros genéticos para apresentação dos resultados e discussão. Além disso, os valores observados para os desvios-padrão da herdabilidade (Tabela 3) e correlações genéticas (tabela 4) obtidas no presente estudo para características de crescimento, carcaça e escores visuais foram de baixa magnitude, demonstrando baixa variabilidade entre as médias amostrais e boa precisão das estimativas, justificando a discussão somente da média.

As herdabilidades estimadas para efeito genético direto e materno (Tabela 3) para pesos pré-desmama foram inferiores às encontradas para os pesos pós-desmama (0,27 e 0,16; 0,28 e 0,13, para P120 e P210, respectivamente), o que pode ser atribuído a maior influência de efeitos ambientais nas medidas obtidas até a desmama. Kamei et al.³² reportaram resultados inferiores tanto para efeito genético direto quanto para o materno, cujos valores foram 0,14 e 0,03; 0,17 e 0,09 em análises utilizando máximo verossimilhança restrita. Por outro lado, utilizando a inferência Bayesiana para a estimação dos parâmetros genéticos de maneira semelhante à do presente estudo, Lopes et al.⁴, reportaram valores similares para as estimativas de herdabilidade direta 0,28 e 0,32 e superiores para as maternais 0,32 e 0,29, para P120 e P210, respectivamente.

As herdabilidades maternais obtidas foram consideradas de magnitudes baixas, no entanto, como a influência materna tem sua origem no genótipo da progenitora e pela ação ambiental, a variabilidade genética para herdabilidade materna nos diversos ambientes é importante como fonte de variação para o desempenho. Assim, é válido testar e considerar a influência materna sobre os pesos que antecedem a desmama, para que não haja superestimação do valor genético aditivo direto e para avaliar a capacidade da fêmea em criar sua progênie até que ela seja desmamada³³.

Por outro lado, as estimativas de herdabilidade de efeito direto para as características de crescimento indicam viabilidade de seleção e obtenção de ganho genético, sobretudo para as características mensuradas após o desmame. A maior magnitude observada das estimativas para P365 e P450 pode ser atribuída à maior proporção da variância aditiva em relação a ambiental, ou seja, características pós-desmame são menos influenciadas pelo ambiente que as obtidas até a desmama, levando em consideração que os animais são

submetidos a mesma condição de manejo, indicando pequeno efeito do ambiente, em comparação com o genótipo, sobre o desempenho³⁴. Outro fator a ser considerado é que os animais avaliados no presente estudo são oriundos de um mesmo rebanho, o que também pode ser resultado em menor variância ambiental e fenotípica para os diferentes pesos.

Tabela 3 – Estimativas *a posteriori* dos componentes de variância para características de crescimento, carcaça e escores visuais em bovinos Nelore

Parâmetro	Média±DP	Moda	Mediana	IC (95%)
σ^2_a P120	74,03±0,73	63,23	70,62	37,18-129,74
σ^2_m P120	43,30±0,36	41,40	42,58	23,98-67,14
σ^2_{pe} P120	30,87±6,90	31,66	30,98	16-94-43,93
σ^2_e P120	122,94±0,29	127,78	124,49	92,85-144,30
σ^2_p P120	271,14±0,19	264,08	268,66	170,95-385,11
h^2_d P120	0,27±0,01	0,24	0,26	0,22-0,34
h^2_m P120	0,16±0,01	0,16	0,16	0,14-0,17
σ^2_a P210	120,99±2,46	115,80	118,25	56,59-205,54
σ^2_m P210	57,90±1,20	55,54	56,66	29,63-93,21
σ^2_{pe} P210	61,32±11,56	61,07	61,22	39,01-83,91
σ^2_e P210	190,26±1,09	194,02	191,52	143,22-228,86
σ^2_p P210	430,47±1,08	426,43	427,65	268,45-611,51
h^2_d P210	0,28±0,01	0,27	0,28	0,21-0,34
h^2_m P210	0,13±0,01	0,13	0,13	0,11-0,15
σ^2_a P365	163,59±0,32	158,32	162,84	124,90-206,25
σ^2_e P365	318,64±0,12	320,98	318,85	286,59-349,68
σ^2_p P365	482,23±0,22	479,31	481,69	411,51-555,92
h^2_d P365	0,34±0,01	0,33	0,34	0,30-0,37
σ^2_a P450	297,50±0,71	295,93	297,06	236,40-362,39
σ^2_e P450	378,97±0,40	379,55	378,78	332,76-426,62
σ^2_p P450	676,47±0,54	675,47	675,84	569,20-789,01
h^2_d P450	0,44±0,01	0,44	0,44	0,42-0,46
σ^2_a AOL	13,77±0,03	13,65	13,68	9,57-18,6
σ^2_e AOL	19,36±0,01	19,33	19,37	16,20-22,40
σ^2_p AOL	33,13±0,02	32,98	33,05	25,7-37,80
h^2_d AOL	0,42±0,01	0,41	0,41	0,37-0,53
σ^2_a EG	0,65±0,01	0,64	0,64	0,44-0,86
σ^2_e EG	0,76±0,01	0,76	0,76	0,62-0,89

σ^2_a : variância genética aditiva direta; σ^2_m : variância materna; σ^2_{pe} : variância genética ambiente permanente; σ^2_e : variância residual; σ^2_p : variância fenotípica; h^2_d : herdabilidade direta; P120: peso aos 120 dias de idade; P210: peso aos 210 dias de idade; P365: peso aos 365 dias de idade; P450: peso aos 450 dias de idade; AOL: área de olho de lombo; EG: espessura de gordura subcutânea; EGP8: espessura de gordura subcutânea na garupa; M: musculosidade; E: estrutura física; R: aspectos raciais; C: conformação; O: ônfalo; SAC: sacro.

Tabela 3 – Estimativas *a posteriori* dos componentes de variância para características de crescimento, carcaça e escores visuais em bovinos Nelore (Continuação)

Parâmetro	Média±DP	Moda	Mediana	IC (95%)
σ^2_p EG	1,41±0,01	1,39	1,40	1,07-1,76
h^2_d EG	0,46±0,01	0,46	0,46	0,42-0,49
σ^2_a EGP8	1,05±0,01	1,04	1,05	0,78-1,33
σ^2_e EGP8	1,26±0,01	1,26	1,26	1,06-1,44
σ^2_p EGP8	2,31±0,01	2,30	2,30	1,85-2,78
h^2_d EGP8	0,46±0,01	0,45	0,45	0,42-0,48
σ^2_a M	0,06±0,01	0,06	0,06	0,03-0,09
σ^2_e M	0,23±0,01	0,20	0,22	0,15-0,35
σ^2_p M	0,29±0,02	0,26	0,28	0,19-0,45
h^2_d M	0,21±0,01	0,23	0,22	0,19-0,20
σ^2_a E	0,05±0,01	0,05	0,05	0,03-0,07
σ^2_e E	0,14±0,01	0,13	0,13	0,10-0,18
σ^2_p E	0,19±0,02	0,18	0,19	0,13-0,26
h^2_d E	0,28±0,01	0,28	0,28	0,24-0,27
σ^2_a R	0,02±0,01	0,02	0,02	0,01-0,03
σ^2_e R	0,06±0,01	0,05	0,06	0,04-0,12
σ^2_p R	0,08±0,02	0,08	0,08	0,06-0,16
h^2_d R	0,25±0,01	0,29	0,27	0,25-0,21
σ^2_a C	0,02±0,01	0,02	0,02	0,00-0,02
σ^2_e C	0,06±0,01	0,06	0,06	0,05-0,08
σ^2_p C	0,08±0,02	0,01	0,02	0,01-0,03
h^2_d C	0,25±0,01	0,29	0,27	0,27-0,24
σ^2_a O	0,004±0,01	0,004	0,004	0,00-0,05
σ^2_e O	0,02±0,01	0,02	0,02	0,01-0,03
σ^2_p O	0,03±0,02	0,02	0,02	0,01-0,04
h^2_d O	0,15±0,01	0,16	0,16	0,12-0,14
σ^2_a SAC	0,03±0,01	0,02	0,03	0,01-0,04
σ^2_e SAC	0,12±0,01	0,12	0,12	0,10-0,13
σ^2_p SAC	0,15±0,02	0,15	0,15	0,12-0,18
h^2_d SAC	0,18±0,01	0,17	0,18	0,11-0,24

σ^2_a : variância genética aditiva direta; σ^2_m : variância materna; σ^2_{pe} : variância genética ambiente permanente; σ^2_e : variância residual; σ^2_p : variância fenotípica; h^2_d : herdabilidade direta; P120: peso aos 120 dias de idade; P210: peso aos 210 dias de idade; P365: peso aos 365 dias de idade; P450: peso aos 450 dias de idade; AOL: área de olho de lombo; EG: espessura de gordura subcutânea; EGP8: espessura de gordura subcutânea na garupa; M: musculosidade; E: estrutura física; R: aspectos raciais; C: conformação; O: ônfalo; SAC: sacro.

As estimativas de herdabilidade obtidas para P365 e P450 encontram-se dentro do intervalo apresentado na literatura, cujos valores variam de 0,14 a 0,44 para P365 e 0,36 a 0,44 para P450^{32,35,36,37-38}. Os valores encontrados no presente estudo indicam possibilidade de ganho genético por meio da seleção para ambos pesos mensurados após o desmame. No

entanto, intensificar a seleção para P450 pode influenciar no peso adulto dos animais e aumentar o intervalo de gerações, fato que pode ser contornado realizando seleção genética utilizando índices compostos por características além do peso e que levam à obtenção de animais mais precoces, como as de carcaça e escores visuais.

Estimativas de herdabilidade de alta magnitude foram obtidos para AOL, EG e EGP8, cujos valores foram 0,42; 0,46 e 0,46, respectivamente, demonstrando que essas características podem responder de forma semelhante à seleção, devido a proporção da variância fenotípica que é atribuída a genética³⁴. Os resultados obtidos neste estudo estão em consonância com os trabalhos avaliando bovinos Nelore, cujos valores são, de maneira geral, de moderada a alta magnitude, variando de 0,30 a 0,66; 0,17 a 0,74 e 0,25 a 0,68 para AOL, EG e EGP8, respectivamente^{8,39,40-41}.

A ampla gama de estimativas de herdabilidade para características relacionadas à composição corporal, obtidas por ultrassonografia, pode ser atribuída a fatores como o número de animais avaliados, os efeitos incluídos no modelo estatístico, as diferenças ambientais e o manejo do rebanho. Ainda assim, os resultados encontrados no presente estudo demonstram variabilidade genética existente para estas características, podendo ser incluídas como critério de seleção adicional para obtenção de progresso genético no rebanho.

Os escores visuais obtidos pelo método MERCOS apresentaram estimativas de herdabilidade de baixa a moderada magnitude, de 0,21; 0,28; 0,25; 0,25; 0,15 e 0,18, para M, E, R, C, O e SAC. Forni et al.⁴² relatam que características morfológicas sofrem grande influência ambiental, com isso, respostas de pequena magnitude a seleção direta podem ser esperadas, o que corrobora com as estimativas obtidas no presente estudo. Azevedo Junior et al.⁴³, com objetivo de testar diferentes métodos (Henderson III, Máxima Verossimilhança Restrita-REML, Inferência Bayesiana e Modelo Linear Misto Generalizado-GLMM), para a estimação dos parâmetros genéticos para escores visuais, obtiveram estimativas de média a alta magnitude. Além disso, os autores relataram que o modelo mais adequado nas estimativas dos componentes de (co)variância foram os estimados utilizando a metodologia Bayesiana. No mesmo sentido, Koetz Junior et al.⁴⁴ e Gordo et al.¹³, sob metodologia REML, encontraram resultados semelhantes nas estimativas de herdabilidade, corroborando com os resultados obtidos nesta pesquisa.

Utilizando a mesma metodologia de avaliação visual de tipo e método para estimação dos parâmetros genéticos, Faria et al.²⁰, reportaram estimativas de herdabilidade semelhantes para características M, E, R e C em bovinos Nelore avaliados aos 22 meses de idade e com um número próximo de animais utilizados no presente estudo. Por outro lado,

resultados superiores foram reportados por Paterno et al.⁴⁵, Silveira et al.⁴⁶ e Paterno et al.⁴⁷, para os escores visuais E, P e M, utilizando Inferência Bayesiana, cujos valores foram 0,33 a 0,40 para E, 0,40 a 0,44 para P e 0,35 a 0,37 para M. Da mesma forma, resultados superiores também foram encontrados por Carreño et al.⁴⁸, para características C, P e M. Todos os trabalhos foram realizados com animais da raça Nelore. Ainda assim, as estimativas de herdabilidade obtidas neste estudo para as características M, E e C, demonstram que estas podem responder a seleção individual e promover ganhos genéticos.

Apesar de algumas metodologias de avaliação visual avaliarem características diferentes, como C e P, são técnicas semelhantes e que apresentam estimativas de herdabilidade, em sua maioria, de magnitude moderada, sendo válida a comparação entre ambas características. Haja visto que na avaliação para precocidade (P), analisa-se a capacidade do animal em atingir o grau de acabamento mínimo na carcaça, observando a profundidade de costelas, maior amplitude torácica, silhueta cheia, deposição de gordura na subcutânea na base da cauda, que são pontos também utilizados na avaliação para conformação (C)¹⁹⁻⁴⁹.

Para característica de aspectos raciais, Boligon et al.⁵⁰ obtiveram estimativas de herdabilidade inferiores às encontradas neste estudo (0,14 e 0,15) para animais avaliados ao sobreano, estimados através de modelos de linear e limiar, respectivamente. De acordo com estes autores, o padrão racial é fundamental para a manutenção das características, além de ser uma característica de fácil seleção. Em adição, as estimativas de herdabilidade obtidas demonstram que há viabilidade de seleção e incorporação de aspectos raciais no rebanho. A superioridade obtida no presente estudo para aspectos raciais pode ser atribuída ao fato que a fazenda priorizava manter animais que se enquadrassem melhor ao perfil da raça, uma vez que estas características podem ser utilizadas como um diferencial comercial e de alto valor no mercado, além disso, animais fora do padrão racial, não recebem o registro pela associação responsável.

Dentre as características visuais avaliadas o ônfalo apresentou menor estimativa de herdabilidade, resultado semelhante ao encontrado por Bignardi et al.⁵¹ em bovinos Nelore avaliados a desmama (0,15) e inferior avaliado ao sobreano (0,27). Sima⁵², reportaram resultados inferiores (0,11). Contudo, Faria et al.²⁰ e Boligon et al.⁵⁰, obtiveram estimativas superiores de herdabilidades para os escores de umbigo com o modelo de limiar (0,38 e 0,42 ao sobreano, respectivamente), Boligon et al.⁵⁰ utilizando modelo linear encontrou estimativas de (0,16 e 0,29, na desmama e ao sobreano, respectivamente). Boligon et al.⁵⁰ ainda relatam que a avaliação do tamanho e posicionamento do umbigo (umbigo, bainha e prepúcio) por

escore visual apresenta grande importância na seleção de reprodutores, no sentido de possibilitar a melhoria da característica mediante a escolha de touros com umbigo desejável, ou seja, escore mediano.

Estimativa de herdabilidade superior (0,25) ao presente estudo para SAC foi reportada por Faria et al.²⁰ No entanto, apesar das estimativas de herdabilidade de baixa magnitude no presente estudo, é uma característica de grande importância para o sistema de produção, visto que o tamanho do sacro pode afetar o desempenho reprodutivo em animais da raça Nelore e ainda que a resposta a seleção seja mais lenta quando comparada à demais características, a seleção é viável e necessária, uma vez que implica em fatores como a facilidade de parto e, conseqüentemente, a problemas reprodutivos⁵³. Além disso, o osso sacro é a base de cortes cárneos de primeira como a alcatra, que pode ser subdividida nos cortes maminha-da-alcatra, picanha e coração-da-alcatra, que são peças de alto valor agregado, aderidas ao osso sacro e íleo⁵⁴.

Dessa forma, pode ser inferido que as diferenças nas estimativas de herdabilidade encontradas neste estudo quando comparadas aos relatos da literatura podem ser atribuídas há: diferença populacional; idade dos animais no momento da avaliação; número de animais avaliados; inconsistência do sistema de avaliação; variações entre observadores e ao modelo utilizado para estimação dos parâmetros genéticos. Contudo, as médias *a posteriori* obtidas, aliadas a facilidade de obtenção destas medidas e ao baixo custo de implementação, justificam a utilização das mesmas como medidas auxiliares na seleção de bovinos Nelore^{20,55-52}.

Na tabela 4 estão apresentadas as estimativas *a posteriori* das correlações genéticas, residuais e fenotípicas entre as características de escores visuais. As correlações genéticas entre as características visuais (Tabela 4) apresentaram moderada a alta magnitude, a exceção se deu entre as características O e SAC, que apresentaram correlação negativa próximas a zero, resultado esperado devido à ausência de associação existente entre estas características, visto que são associadas a estruturas diferentes.

Na Tabela 5 estão apresentadas a eficiência relativa de seleção para as características de escores visuais quando a seleção é realizada diretamente para elas ou para características de crescimento e carcaça. As características apresentadas na coluna são aquelas cuja seleção foi realizada diretamente enquanto as características apresentadas na linha/cabeçalho (Tabela 5) são as características cuja seleção foi realizada de forma indireta.

Tabela 4 - Estimativas *a posteriori* das correlações genéticas, residuais e fenotípicas entre características de escores visuais em bovinos Nelore

Parâmetros	Correlações genéticas				Correlações residuais	Correlações fenotípicas
	Média±DP	Moda	Mediana	IC (95%)		
M x E	0,79±0,08	0,80	0,80	0,62-0,92	0,65	0,51
M x R	0,37±0,14	0,36	0,37	0,08-0,62	0,41	0,36
M x C	0,89±0,06	0,94	0,90	0,74-0,98	0,60	0,59
M x O	0,50±0,13	0,54	0,51	0,23-0,73	0,18	0,20
M x SAC	0,44±0,15	0,49	0,45	0,12-0,68	0,44	0,33
E x R	0,63±0,10	0,65	0,64	0,41-0,81	0,29	0,32
E x C	0,64±0,11	0,67	0,64	0,4-0,82	0,48	0,45
E x O	0,63±0,11	0,68	0,64	0,37-0,81	0,12	0,18
E x SAC	0,25±0,17	0,29	0,26	0,00-0,56	0,34	0,23
R x C	0,54±0,12	0,56	0,55	0,27-0,75	0,42	0,36
R x O	0,51±0,14	0,52	0,51	0,21-0,75	0,11	0,17
R x SAC	0,36±0,15	0,38	0,37	0,05-0,63	0,33	0,24
C x O	0,65±0,12	0,69	0,67	0,38-0,85	0,24	0,18
C x SAC	0,57±0,14	0,63	0,58	0,24-0,80	0,37	0,35
O x SAC	-0,01±0,19	-0,07	-0,01	-0,3-0,35	0,19	0,09

M: musculosidade; E: estrutura física; R: aspectos raciais; C: conformação; O: ônfalo; SAC: sacro.

A musculosidade apresentou maior associação genética com conformação (0,89), mostrando que ambas as características são influenciadas, em grande parte, pelos mesmos conjuntos de genes. De maneira semelhante, a musculatura se mostrou altamente correlacionada com a estrutura física (0,79), indicando que o desenvolvimento e a distribuição muscular apresentam resposta correlacionada de alta magnitude com a sustentação do animal. A maior correlação genética entre estas características pode ser atribuída ao fato de que a musculatura e conformação estão associadas à animais com melhor estrutura para sustentação dos membros, maior precocidade sexual e de acabamento podendo resultar na associação genética observada.

Araújo et al.⁵⁶ relatam que os escores M, E e P descrevem o potencial de produção de carne do animal como um todo, ou seja, são componentes diretos do peso corporal do animal, assim aquele que se mostrar mais fácil de se mensurar, com maior herdabilidade e menos influenciado pelo avaliador seria recomendado como critério de seleção. As correlações genéticas obtidas no presente estudo entre escores M, E e C, corroboram com as encontradas por Paterno et al.⁴⁵, Duitama et al.⁵⁷, Silveira et al.⁴⁶, Regatieri et al.¹², Araújo et al.⁵⁶, Santana Júnior et al.⁵⁸, Toral et al.⁵⁹, Souza et al.⁶⁰, Koury Filho et al.⁶¹, cujos valores reportados variaram de 0,49 a 0,98, em animais da raça Nelore avaliados sob diferentes metodologias.

Apesar das estimativas de correlação obtidas, maiores ganhos genéticos são esperados em M, E e C se a seleção for realizada diretamente para elas, respaldado pela eficiência relativa de seleção (Tabela 5) e justificado pela similar herdabilidade dessas características.

Tabela 5 – Eficiência relativa de seleção (%) para musculatura (M), estrutura (E), aspectos raciais (R), conformação (C), ônfalo (O) e osso sacro (SAC) quando é realizado seleção direta para outros escores visuais, características de crescimento e carcaça em bovinos Nelore

Características	M	E	R	C	O	SAC
M	-	143,29	293,50	121,58	167,96	207,32
E	111,26	-	150,35	150,31	118,07	317,31
R	250,04	164,96	-	185,03	152,78	234,51
C	102,79	163,65	183,62	-	118,44	147,92
O	237,38	214,90	253,46	198,01	-	-14053,30
SAC	248,60	490,01	330,07	209,80	-11923,03	-
P120	132,48	156,49	-152,14	221,45	548,13	223,76
P210	109,89	131,86	-152,10	115,83	-301,34	-579,63
P365	77,33	108,58	881,02	152,29	139,89	517,11
P450	98,19	101,73	430,74	432,40	243,91	-812,17
AOL	1495,50	207,73	439,51	492,74	180,18	-97,36
EG	259,91	-2631,69	301,91	288,00	184,55	354,42
EGP8	702,02	-2414,24	2007,77	250,70	176,01	246,85

M: musculabilidade; E: estrutura física; R: aspectos raciais; C: conformação; O: ônfalo; SAC: sacro; P120: peso aos 120 dias de idade; P210: peso aos 210 dias de idade; P365: peso aos 365 dias de idade; P450: peso aos 450 dias de idade; AOL: área de olho de lombo; EG: espessura de gordura subcutânea; EGP8: espessura de gordura subcutânea na garupa.

Foram observadas correlações genéticas de moderada a alta magnitude entre escores M com a R, O e SAC (0,37; 0,50 e 0,44, respectivamente), indicando que a seleção de animais com melhor desenvolvimento muscular, pode resultar na seleção de animais com melhor padrão racial, umbigo de tamanho mediano e animais com melhores sacros e vice-versa.

As características de estrutura e conformação se apresentaram altamente correlacionadas, o que pode ser atribuído ao fato de que animais mais bem conformados são aqueles que apresentam melhor estrutura física. Apesar das altas estimativas de correlações genéticas (0,63; 0,64 e 0,63 entre escores E e R, C e O, respectivamente) encontradas neste estudo, podem ser esperados maiores ganhos genéticos em decorrência da seleção direta para característica do que utilizar outras medidas como critério de seleção. Esse comportamento pode ser atribuído as estimativas de herdabilidade similares entre as medidas de escores

visuais. Os altos coeficientes de correlações genéticas obtidos no presente estudo entre escores E com escores R, C e O corroboram com os resultados encontrados por Lima et al.⁶² cujas estimativas foram de alta magnitude, confirmando que a seleção de animais com maior estrutura, pode levar à seleção direta de animais mais precoces, com melhor conformação e melhor padrão racial. No entanto pode resultar na seleção de animais com maiores umbigos. A estrutura física apresentou estimativa de correlação genética de moderada magnitude com SAC (0,25), contudo a seleção para animais de melhor garupa poderá resultar em respostas correlacionadas para animais com melhores estruturas físicas.

Considerando as correlações genéticas obtidas entre R e O (0,51) animais que apresentam melhor posicionamento de umbigo são aqueles de melhor padrão racial, corroborando com as altas estimativas entre estes escores encontradas por Lima et al.⁶². No mesmo sentido, animais de melhor padrão racial poderá resultar na seleção de animais mais bem conformados e de melhor garupa.

Ressalta-se que as avaliações de características morfológicas apresentam um grau de subjetividade atribuída ao avaliador, além de serem influenciadas pelo ambiente, principalmente no que se refere a alimentação, manejo e aos efeitos genéticos não aditivos. Diante disso, é importante que as metodologias de avaliação visual sigam um padrão no momento da coleta de dados, como: avaliações realizadas dentro de grupos de contemporâneos, com animais de idade semelhante e do mesmo sexo; além de utilizar informações de dados de desenvolvimento, bem como peso, medidas de carcaça, dados reprodutivos, para respaldar os escores obtidos. A devida atenção a estes itens contribuem de maneira significativa na avaliação de um melhor tipo morfológico individual, tornando menos viesada a atribuição das notas.

Na tabela 6 estão apresentadas as estimativas *a posteriori* das correlações genéticas, residuais e fenotípicas entre as características de escores visuais e crescimento.

As correlações genéticas entre M, E e características de crescimento foram moderadas a alta, (0,37 a 0,57 e 0,35 a 0,46, respectivamente), os resultados indicam que animais com maior acúmulo de massa muscular, estrutura bem desenvolvida para sustentação do corpo, pode resultar na seleção de animais com maiores pesos⁴⁵⁻⁴⁶. Assim, a musculosidade e estrutura física mostraram ser importantes características utilizadas como critérios complementares de seleção junto aos pesos corporais. A estrutura corporal avalia visualmente a área corporal do animal. Assim, as estimativas de correlações obtidas indicam que a seleção para animais equilibrados para morfologia poderá permitir identificar indivíduos com desempenho superior para peso e com altos valores genéticos para estrutura e

musculosidade⁶¹. Trabalhando com bovinos Nelore, Paterno et al.⁴⁵, Faria et al.⁶³ e Silveira et al.⁴⁶ reportaram correlações genéticas de alta magnitude entre escores M e E com pesos pré e pós desmama, variando de 0,58 a 0,88 para M e 0,89 a 0,99 para E, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo, de que bovinos que apresentam melhores medidas morfológicas, como: maiores massas musculares, estrutura bem direcionada para sustentação do corpo, pode resultar na seleção de animais com maiores pesos.

Tabela 6 - Estimativas *a posteriori* das correlações genéticas, residuais e fenotípicas entre características de escores visuais e crescimento em bovinos Nelore

Parâmetros	Correlações genéticas				Correlações residuais	Correlações Fenotípicas
	Média±DP	Moda	Mediana	IC (95%)		
M x P120	0,37±0,24	0,39	0,36	(-0,09)-0,85	0,09	0,04
M x P210	0,44±0,18	0,47	0,45	0,05-0,76	0,11	0,08
M x P365	0,57±0,13	0,58	0,57	0,33-0,80	0,19	0,29
M x P450	0,39±0,11	0,40	0,40	0,17-0,59	0,21	0,27
E x P120	0,35±0,20	0,41	0,37	(-0,06)-0,72	0,13	0,08
E x P210	0,41±0,19	0,44	0,42	0,04-0,76	0,15	0,14
E x P365	0,46±0,11	0,47	0,46	0,22-0,67	0,21	0,30
E x P450	0,43±0,10	0,45	0,43	0,23-0,63	0,29	0,23
R x P120	-0,35±0,18	-0,38	-0,36	(-0,65)-0,05	0,14	0,02
R x P210	-0,34±0,21	-0,25	-0,32	(-0,69)-0,05	0,12	0,06
R x P365	0,05±0,12	0,06	0,06	(-0,19)-0,28	0,08	0,15
R x P450	0,10±0,13	0,13	0,10	(-0,17)-0,35	0,22	0,14
C x P120	0,24±0,23	0,18	0,24	(-0,21)-0,65	-0,04	0,13
C x P210	0,05±0,21	0,03	0,05	(-0,40)-0,44	0,03	0,12
C x P365	0,31±0,25	0,34	0,32	0,01-0,60	0,13	0,21
C x P450	0,10±0,13	0,13	0,10	(-0,17)-0,35	0,22	0,22
O x P120	0,08±0,21	0,07	0,08	(-0,36)-0,47	0,09	0,08
O x P210	-0,13±0,22	-0,13	-0,13	(-0,60)-0,31	0,14	0,12
O x P365	0,26±0,13	0,26	0,27	(-0,01)-0,50	0,01	0,20
O x P450	0,13±0,12	0,16	0,14	(-0,12)-0,36	0,07	0,21
SAC x P120	0,20±0,23	0,25	0,21	(-0,26)-0,62	-0,12	-0,08
SAC x P210	-0,08±0,20	-0,06	-0,07	(-0,47)-0,28	0,00	-0,07
SAC x P365	0,08±0,16	0,13	0,08	(-0,26)-0,39	0,03	0,00
SAC x P450	-0,04±0,14	-0,04	-0,04	(-0,31)-0,22	0,07	0,00

M: musculabilidade; E: estrutura física; R: aspectos raciais; C: conformação; O: ônfalo; SAC: sacro; P120: peso aos 120 dias de idade; P210: peso aos 210 dias de idade; P365: peso aos 365 dias de idade; P450: peso aos 450 dias de idade.

As estimativas entradas para correlações residuais e fenotípicas entre os escores visuais e pesos corporais foram, de maneira geral, de baixa magnitude, com exceção entre M

com P365 e P450 (0,29 e 0,27, respectivamente), e E com P365 (0,30). Esses resultados indicam que alterações ambientais que promovem aumento do peso ao ano e sobreano leva a melhorias no tipo morfológico para musculosidade e estrutura dos animais. Além disso, essas características podem ser utilizadas como indicadores fenotípicos de animais de maior peso pós-desmame.

A musculosidade apresentou maior associação genética com P365 (0,57), como consequência, pode ser esperado maior ganho genético para M quando a seleção é realizada diretamente para P365, do que para ela mesma ou para outras características de peso. Esse resultado também pode ser atribuído tanto a maior correlação genética quando comparado com demais pesos, quanto a maior viabilidade de seleção para segunda características (Tabela 5). De maneira semelhante, o P450 também pode ser utilizado para obtenção de maiores ganhos genéticos em M do que a seleção para ela mesma. Por outro lado, P120 e P210 não se mostraram critérios de seleção eficientes para obtenção de ganhos genéticos em M quando considerada a ERS. Em adição, apesar da moderada correlação genética, são esperadas menores respostas em E dada a seleção genética para crescimento, o que pode ser atribuído a herdabilidade similar entre essas características. Assim, para obtenção de maiores ganhos genéticos em estrutura é recomendada a inclusão dessa característica como critério de seleção.

Observou-se baixa associação genética entre aspectos raciais e as características de desempenho, com exceção dos pesos pré-desmame, o que já era esperado, visto que os animais mais pesados não são necessariamente os que apresentavam características raciais mais próximas ao padrão ideal. Corroborando com os resultados obtidos neste estudo, Lima et al.⁶², obtiveram correlações genéticas de baixa magnitude entre padrão racial e peso pós-desmame. De fato, são esperadas menores respostas nos aspectos raciais quando a seleção é realizada diretamente para as características de crescimento, do que a seleção para R, devendo ser inclusa como critério de seleção quando o objetivo é melhorias no padrão racial.

A conformação apresentou coeficientes de correlações genéticas de moderada magnitude com P120 e P365 (0,24 e 0,31, respectivamente) e de baixa com P210 e P450 (0,05 e 0,10, respectivamente), mostrando que, nem sempre o peso do animal independe da sua conformação, ou seja, o animal pode apresentar muita musculatura, porém depositada em locais que não levam a uma boa conformação. Esses resultados podem ser atribuídos ao fato de que animais mais pesados são, comumente, animais tardios enquanto C é uma característica ligada a precocidade. Assim, características de peso que são avaliadas de forma antecipada, como o P365, podem ser um melhor indicador da conformação. Resultados semelhantes ao presente estudo foram encontrados por Taveira et al.⁶⁴ que encontraram

correlação de moderada magnitude (0,35) entre conformação e peso ao sobreano. Por outro lado, resultados superiores foram encontrados por Faria et al.⁶³, entre C e P210, P65 e P450 de 0,89, 0,92 e 0,99, respectivamente, Araújo et al.⁵⁶ e Souza et al.⁶⁰, de 0,52 e 0,66 entre C e peso aos desmame e entre C com peso ao sobreano, respectivamente. Ainda assim, considerando a eficiência relativa (Tabela 5) de seleção pode ser inferido que a utilização das características de crescimento leva a menores respostas que a seleção direta para C, justificando os resultados obtidos no presente estudo.

Para ônfalo as correlações genéticas obtidas foram 0,08; -0,13; 0,26 e 0,13 com P120, P210, P365 e P450, respectivamente, mostrando que os animais de melhor desempenho, não são necessariamente os que apresentam melhor posicionamento do umbigo, o que pode ser respaldado pelo fato de o animal ainda estar em fase de crescimento e formação dos membros. No entanto, para P365 foram observadas correlações genéticas moderadas, haja visto que os animais já passaram por um critério de descarte no momento da desmama e novamente com P365, permanecendo na fazenda animais com bom desempenho e com bainha e umbigo adequados. Gordo et al.⁶⁵, Araújo et al.⁶⁶, Taveira et al.⁶⁴ e Campos et al.⁶⁷, reportaram correlações de baixas magnitudes entre escore de umbigo (O) e pesos na desmama e ao sobreano, variando de 0,08 a 0,22 em animais das raças Nelore, Brangus, Hereford e Braford. Esses resultados corroboram com os obtidos no presente estudo. De fato, a seleção para características de crescimento leva a menores ganhos genéticos que a seleção direta para ônfalo (Tabela 5).

Correlações genéticas de baixa magnitude também foram observadas entre osso sacro e características ponderais, demonstrando que animais de melhor desempenho não são, necessariamente, aqueles que apresentam melhor garupa ou osso sacro, tanto em seu tamanho quanto na sua inclinação. Estes resultados mostram que a seleção para desempenho não contribuirá para animais harmônicos de posterior, com osso sacro comprido, plano e largo, devendo ser avaliada separadamente, caso seja um critério de seleção dentro da fazenda.

Na tabela 7 estão apresentadas as estimativas *a posteriori* das correlações genéticas, residuais e fenotípicas entre as características de escores visuais e carcaça.

As características de carcaça apresentaram maior associação genética com escore visual de conformação, o que pode ser explicado pelo fato de que na avaliação da conformação, observa-se o arqueamento e comprimento das costelas, altura, diminuição de membros, o que está associado à deposição de gordura na carcaça, mostrando que os animais mais bem conformados são os animais com melhor acabamento. Porém, entre os demais escores visuais e as características de carcaça foram observadas baixas correlações genéticas, ou seja,

geneticamente, animais com maiores valores para características de carcaça não são, necessariamente, os que apresentaram os mais altos valores de escores visuais. As estimativas de correlações genéticas obtidas entre C e AOL, EG e EGP8 foram, 0,09; 0,14 e 0,16, respectivamente. Os coeficientes de correlações genéticas encontrados na literatura entre escore de conformação/precocidade e características de carcaça (AOL, EG e EGP8), variam de 0,32 a 0,85 para AOL, 0,33 a 0,50 para EG e 0,18 a 0,44 para EGP8^{55,46,65-68}.

Tabela 7 - Estimativas a *posteriori* das correlações genéticas, residuais e fenotípicas entre características de escores visuais e carcaça em bovinos Nelore

Parâmetros	Correlações genéticas				Correlações residuais	Correlações fenotípicas
	Média±DP	Moda	Mediana	IC (95%)		
M x AOL	0,03±0,17	0,03	0,03	(-0,29)-0,34	0,26	0,32
M x EG	0,14±0,17	0,15	0,14	(-0,19)-0,49	0,10	0,25
M x EGP8	0,05±0,15	0,06	0,05	(-0,24)-0,34	0,13	0,24
E x AOL	0,22±0,17	0,24	0,22	(-0,11)-0,53	0,14	0,13
E x EG	-0,02±0,18	0,01	-0,02	(-0,35)-0,33	0,12	0,01
E x EGP8	-0,02±0,16	-0,01	-0,02	(-0,31)-0,31	0,14	0,05
R x AOL	0,10±0,15	0,06	0,10	(-0,19)-0,39	-0,01	0,00
R x EG	0,14±0,17	0,14	0,14	(-0,21)-0,46	-0,10	-0,04
R x EGP8	0,02±0,15	0,05	0,02	(-0,25)-0,31	0,00	-0,01
C x AOL	0,09±0,17	0,06	0,08	(-0,24)-0,41	0,04	0,25
C x EG	0,14±0,19	0,15	0,14	(-0,22)-0,50	0,08	0,25
C x EGP8	0,16±0,17	0,20	0,17	(-0,15)-0,47	0,05	0,29
O x AOL	0,18±0,18	0,15	0,18	(-0,16)-0,52	0,04	0,24
O x EG	0,17±0,20	0,18	0,18	(-0,22)-0,53	-0,07	-0,04
O x EGP8	0,18±0,19	0,28	0,28	(-0,07)-0,66	-0,06	-0,08
SAC x AOL	-0,37±0,20	-0,39	-0,37	(-0,78)-0,02	0,14	0,00
SAC x EG	0,10±0,21	0,12	0,10	(-0,31)-0,49	0,04	0,00
SAC x EGP8	0,14±0,18	0,16	0,14	(-0,22)-0,47	0,00	0,01

AOL: área de olho de lombo; EG: espessura de gordura subcutânea; EGP8: espessura de gordura subcutânea na garupa; M: musculabilidade; E: estrutura física; R: aspectos raciais; C: conformação; O: ônfalo; SAC: sacro.

No presente estudo a musculatura apresentou maior associação genética com EG (0,14). As estimativas de correlações genéticas relatadas na literatura entre escore de M com AOL, EG e EGP8, variam de baixa a moderada magnitude (0,38 a 0,87; 0,33 a 0,45 e 0,20 a 0,48, respectivamente^{55,46,65-68}. Para o escore de estrutura física a maior correlação genética observada foi com a área de olho de lombo (0,22), no entanto as estimativas de correlação genética entre estrutura e características de carcaça encontradas na literatura variam de 0,12 a 0,91; -0,02 a 0,45 e -0,02 a 0,07 com AOL, EG e EGP8, respectivamente^{55,46,65,68-69}.

Considerando as respostas correlacionadas e a eficiência relativa de seleção, pode ser esperado menores ganhos genéticos nas medidas de avaliação visual se a seleção for realizada para carcaça (Tabela 5), confirmando a necessidade de inclusão dessas características como critério de seleção direta, justificada pela variável correlação genética entre elas.

Neste estudo, foi observada correlação genética moderada entre AOL e SAC, demonstrando que estas características são influenciadas, por alguns genes semelhantes, e que a seleção de uma característica possibilitará ganho genético para outra. A seleção para área de olho de lombo poderá resultar em maiores ganhos genéticos em SAC que a seleção para ela mesma, diferentemente do que foi observado para outros escores visuais.

Foram obtidas correlações fenotípicas de maiores magnitudes entre os escores visuais de musculosidade e conformação com características de carcaça. No entanto M apresentou maior correlação fenotípica com AOL (0,32), valor similar ao encontrado por Yokoo et al.⁵⁵, mostrando que a distribuição das massas musculares pelo corpo do animal favorece uma maior área do músculo *longissimus dorsi* do qual é utilizado para mensuração da AOL. Assim, M e E podem ser utilizados como indicadores fenotípicos de animais de maior rendimento e acabamento de carcaça^{8,13-55}.

Existem algumas possíveis explicações que levaram a obtenção das estimativas de baixas correlações genéticas entre características de carcaça e escores visuais no presente estudo são: pontos de observações diferentes para ambas avaliações; variação na idade de mensurações das características, visto que os animais foram submetidos primeiro a avaliação visual e posteriormente a avaliações de carcaça⁷⁰, entre outros. Essas medidas são influenciadas pelo momento da avaliação, uma vez que seguem a curva de crescimento alométrico dos animais. Bovinos apresentam crescimento ósseo, seguido do muscular e posteriormente do tecido adiposo, assim a deposição tecidual é alterada com o crescimento e peso, além do sexo, genótipo e manejo⁷¹. Isto pode justificar a variação nas correlações obtidas no presente estudo. Além disso, somente uma pequena parcela (17%) dos animais utilizados nas análises apresentaram fenótipo para ambos os grupos de características, podendo levar a obtenção de baixas estimativas.

No entanto, uma das maiores limitações na indústria da carne brasileira reside na falta de padronização das carcaças bovinas⁷². Nesse sentido, os mercados de exportação requerem maior qualidade da carne e carcaça, estando dispostos a oferecer uma melhor remuneração aos produtos de origem animal de melhor qualidade⁷³. Assim, a utilização de medidas de ultrassonografia, que são ferramentas consagradas utilizadas para melhoria das características de carcaça e da carne, e escores visuais como ferramentas auxiliares para

selecionar indivíduos mais bem conformados/equilibrados, podem ser ferramentas importantes para aumento da qualidade e valor agregado da carne de zebuínos.

4. CONCLUSÃO

Os escores visuais, assim como características de desempenho e de carcaça apresentam estimativas de herdabilidade moderadas a altas. Ainda assim, são esperados maiores ganhos genéticos para crescimento, carcaça, musculosidade, estrutura, conformação e aspectos raciais.

As correlações genéticas obtidas indicam que os escores visuais estão positivamente associados entre si e com características de crescimento, indicando que a seleção para uma destas características também trará ganhos genéticos às outras. No entanto, pode ser observada uma menor associação genética com características de carcaça.

De acordo com a eficiência relativa de seleção a utilização de peso aos 365 e 450 dias de idade como critério de seleção pode levar a maiores ganhos genéticos na musculosidade, do que a seleção direta para esta característica. Apesar das estimativas de correlações genéticas entre escores visuais e carcaça terem sido de baixa magnitude, a seleção para área de olho de lombo poderá resultar em maiores ganhos genéticos em SAC que a seleção para ela mesma.

Os escores visuais podem ser utilizados como ferramentas complementares que agregue valor junto à seleção objetiva. Buscando melhorar a composição de peso, qualidade e padronização das carcaças. No entanto, caso a propriedade não tenha controle dessas medidas, os escores visuais podem ser utilizados como critérios únicos de seleção, fornecendo informações úteis para determinar tendências e promover seleção ao longo dos anos para um melhor tipo morfológico.

5. REFERÊNCIAS

1. ABIEC - Associação Brasileira das Industrias Exportadoras de Carne. Beef Report-Perfil da Pecuária no Brasil. Brasília: ABIEC; 2020. 50p.
2. Barbut S. Review: Automation and meat quality-global challenges. *Meat Sci.* 2014 Jan;96(1):335–45. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.07.002.
3. Lima PRM. Parâmetros Genéticos para características produtivas, reprodutivas e escores visuais em bovinos da raça Nelore. [Dissertação]. Brasília. Universidade de Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. 2011.
4. Lopes FB, Ferreira JL, Lobo RB, Rosa GJM. Bayesian analyses of genetic parameters for growth traits in Nelore cattle raised on pasture. *Genet Mol Res.* 2017;16(3). DOI: 10.4238/gmr16039606.
5. Araújo C V., Nehls WF, Laureano MMM, Zubler R, Lôbo RB, Figueiredo LGG, et al. Modelos de regressão aleatória para características de crescimento de bovinos da raça Nelore do estado de Mato Grosso. *Arq Bras Med Vet e Zootec.* 2016;68(2):448–56. DOI: 10.1590/1678-4162-8340.
6. Moreira HL, Canova ÉB, Munari DP, Bezerra L a. F, Lôbo RB, Paz CCP. Parâmetros genéticos para período de gestação e características de crescimento pré e pós desmame em bovinos Nelore. *Bol Indústria Anim.* 2015;72(2):130–5. DOI: 10.17523/bia.v72n2p130.
7. Yokoo MJ-I, Magnabosco C de U, Gonzalez RDS, Faria CU de, Araujo FR da C, Rosa GJ e M, et al. Avaliação Genética de Características de Carcaça Utilizando a Técnica do Ultrassom em Bovinos de Corte. *Embrapa Pecuária Sul.* 2011;115:35.
8. de Faria CU, de Andrade WBF, de Pereira CF, da Silva RP, Lôbo RB. Análise bayesiana para características de carcaça avaliadas por ultrassonografia de bovinos da raça Nelore Mocho, criados em bioma Cerrado. *Cienc Rural.* 2015;45(2):317–22. DOI: 10.1590/0103-8478cr20140331.
9. Paterno FM. Análise genética de escores visuais e sua relação com características reprodutivas de animais da Raça Nelore.[Dissertação]. Universidade Estadual Paulista: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. 2015.
10. Silva BCA. Associação genética entre o peso adulto e algumas características produtivas e reprodutivas em bovinos Nelore. [dissertação]. Pirassununga:Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. 2016.
11. Carvalho ME, Baldi FS, Alexandre PA, Santana MHA, Ventura RV, Bueno RS, et al. Research Article. Genomic regions and genes associated with carcass quality in Nelore cattle. *Genet Mol Res.* 2019;18(1). DOI: 10.4238/gmr18226.
12. Regatieri IC, Boligon AA, Albuquerque LG de. Genetic analysis of visual scores and their relationships to mature female weight in Nelore breed. *Rev Bras Zootec.* 2011

- Jan;40(1):100–5. DOI: 10.1590/S1516-35982011000100014.
13. Gordo DGM, Espigolan R, Tonussi RL, Júnior GAF, Bresolin T, Magalhães AFB, et al. Genetic parameter estimates for carcass traits and visual scores including or not genomic information. *J Anim Sci.* 2016 May 1;94(5):1821–6. DOI: 10.2527/jas.2015-0134.
 14. Souza JS. Escores visuais para aprumos e locomoção, características raciais, características sexuais, pigmentação ocular e tamanho de umbigo nas raças Hereford e Braford: variabilidade genética e correlações. [Dissertação]. Universidade Federal de Pelotas: Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. 2019.
 15. Nicholson, M.J. and Butterworth M. A Guide to Condition Scoring of Zebu Cattle. *Int Livest Cent Africa*, Addis Ababa. 1986;29. DOI: 10568/49674.
 16. Misztal I, Tsuruta S, Lourenco DAL, Aguilar I, Legarra A, Vitezica Z. Manual for BLUPF90 family of programs. Athens: University of Georgia; 2019. 125 p.
 17. Garner A V, Lôbo RB, Bezerra LAF, Oliveira HN. Comparação entre alguns critérios de seleção para crescimento na raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2001;30(3):714–8. DOI: 10.1590/S1516-35982001000300016.
 18. Donoghue KA. Genetic evaluation of female reproductive performance. In: *Bif Conference*. Athens: The University of Georgia; 2002. p. 1–12.
 19. Lobo RB. Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore. Ribeirão Preto: ANCP; 1996. 46 p.
 20. de Faria CU, de Ulhôa Magnabosco C, de Albuquerque LG, Framartino Bezerra LA, Lôbo RB. Avaliação genética de características de escores visuais de bovinos da raça Nelore da desmama até a maturidade. *Rev Bras Zootec.* 2009;38(7):1191–200. DOI: 10.1590/S1516-35982009000700005.
 21. R Core Team 2019. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2019. p. <<http://www.R-project.org>.
 22. Tsuruta S, Misztal I. THRGIBBS1F90 for estimation of variance components with threshold-linear model. In: *8° World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Belo Horizonte: WGGALP; 2006.
 23. Lee D, Misztal I, Bertrand JK, Rekaya R. National evaluation for calving ease, gestation length and birth weight by linear and threshold model methodologies. *J Appl Genet.* 2002;43:209–16.
 24. Sorensen D, Gianola D. Likelihood, Bayesian, and MCMC Methods in Quantitative Genetics. New York: Springer; 2002.
 25. Gianola D, Foulley JL. Sire evaluation for ordered categorical data with a threshold model. *Genet Sel Evol.* 1983;15:201–24. DOI: 10.1186/1297-9686-15-2-201.

26. Van Tassel CP, Van Vleck LD, Gregory KE, Van Tassel CP, Van Vleck LD, Gregory KE, et al. Bayesian analysis of twinning and ovulation rates using a multiple-trait threshold model and Gibbs sampling. *J Anim Sci.* 1998;76(8):2048-61. DOI: 10.2527/1998.7682048x.
27. Van Tassel CP, Van Vleck LD. Multiple-trait Gibbs sampler for animal models; flexible programs for Bayesian and likelihood-based (co) variance components inference. *J Anim Sci.* 1996;74:2586–97. DOI: 10.2527/1996.74112586x.
28. Geweke J. Evaluating the Accuracy of Sampling-Based Approaches to the Calculation of Posterior Moments. In: Bernardo JM, Berger JO, Dawid AP, Smith AFM, editors. *Bayesian Statistics 4*. New York: Oxford University Press; 1992. p. 625–31.
29. Smith BJ. BOA: an R package for MCMC output convergence assessment and posterior inference. *J Stat Softw.* 1997;21:2–37.
30. Lopes FB. easyGEN. 2019. Disponível em: <https://github.com/camult/easyGEN>.
31. Falconer DS, Mackay TFCC. *Introduction to Quantitative Genetics*. 4th ed. Edinburgh: Pearson Prentice Hall; 1996. 464 p.
32. Kamei LM, De Azambuja Ribeiro EL, Fonseca NAN, De Souza Dantas Muniz CA, Camiloti TV, Koritiaki NA, et al. Genetic parameters of growth traits in Nelore cattle. *Semin Agrar.* 2017;38(3):1503–10.
33. Kluskaa S, Olivieria BF, Bonamy M, Chiaiaa HLJ, Feitosaa FLB, Bertona MP, et al. Estimates of genetic parameters for growth, reproductive, and carcass traits in Nelore cattle using the single step genomic BLUP procedure. *Livest Sci.* 2018;216:203–9. DOI: 10.1016/j.livsci.2018.08.015.
34. Brunes LC. Estudo genético-quantitativo de características de crescimento, reprodução, carcaça e escores visuais em um rebanho nelore sob seleção para precocidade sexual. [Dissertação]. Goiânia. Universidade Federal de Goiás: Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ); 2017.
35. Barbosa ACB, Carneiro PLS, Rezende MPG, Ramos IO, Martin-Filho R, Malhado CHM, et al. Parâmetros genéticos para características de crescimento e reprodutivas em bovinos Nelore no Brasil. *Arch Zootec.* 2017 Jul 15;66(255):447. DOI: 10.21071/az.v66i255.2523.
36. Araújo CV de, Lôbo RB, Girardi G, Jonasson C, Marianna M, Cristina T, et al. Estimates of genetic parameters of growth traits of Nelore cattle in the Midwest region of Brazil. Despite being among the lar. *Rev Bras Saúde e Produção Anim.* 2014;15:846–53. DOI: doi.org/10.1590/S1519-99402014000400006.
37. Moreira HL, Canova EB, Munari DP, Bezerra LAF, Lôbo RB, Paz CCP. Parâmetros genéticos para período de gestação e características de crescimento pré e pós desmame em bovinos Nelore. *Bol Indústria Anim.* 2015;72(2):130–5. DOI: 10.17523/bia.v72n2p130.

38. Garnero AV, Muñoz MCCD, Marcondes CR, Lôbo RB, Lira T, Gunski RJ. Estimação de parâmetros genéticos entre pesos pré e pós-desmama na raça Nelore. *Arch Zootec.* 2010 Jun;59(226). DOI: 10.21071/az.v59i226.4748.
39. Ceacero TM, Mercadante MEZ, Cyrillo JNDSG, Canesin RC, Bonilha SFM, De Albuquerque LG. Phenotypic and genetic correlations of feed efficiency traits with growth and carcass traits in nellore cattle selected for postweaning weight. *PLoS One.* 2016;11(8):1–11. DOI: 10.1371/journal.pone.0161366.
40. Moraes FD, Abreu LRA, Toral LFB, Ferreira IC, Ventura HT, Bergmann JAG, et al. Selection for feed efficiency does not change the selection for growth and carcass traits in Nellore cattle. *J Anim Breed Genet.* 2019;136(6):464–73. DOI: 10.1111/jbg.12423.
41. de Paula EJH, Martins EN, De Oliveira CAL, Magnabosco CDU, Sainz RD, Geron LJV, et al. Associations between reproductive and carcass traits in Nellore. *Semin Agrar.* 2015;36(6):4423–34.
42. Forni S, Federici J de F, Albuquerque LG de. Tendências genéticas para escores visuais de conformação, precocidade e musculatura à desmama de bovinos Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2007;36(3):572–7. DOI: 10.1590/S1516-35982007000300008.
43. Azevedo Junior J, Petrini J, Mourão GB, Ferraz JBS. Categorical Visual Score Traits of a Nellore Beef Cattle Population. *J Agric Sci.* 2017;9(8):63. DOI: 10.5539/jas.v9n8p63.
44. Koetz C, Roso VM, da Cruz Fávoro P, Pereira GR, Borges MHF, Barca FA, et al. Heritability estimation and genetic correlations for mature weight, visual scores, and growth traits in Nellore cattle. *Rev Bras Zootec.* 2019;48. DOI: 10.1590/rbz4820170246.
45. Paterno FM, Buzanskas ME, Koury Filho W, Lôbo RB, Queiroz SA. Evaluation of body weight and visual scores for genetic improvement of Nellore cattle. *Trop Anim Health Prod.* 2017;49(3):467–73. DOI: 10.1007/s11250-016-1215-2.
46. da Silveira DD, De Vargas L, Pereira RJ, Campos GS, Vaz RZ, Lôbo RB, et al. Quantitative study of genetic gain for growth, carcass, and morphological traits of Nellore cattle. Plaizier J, editor. *Can J Anim Sci.* 2019 Jun 1;99(2):296–306. DOI: 10.1139/cjas-2018-0078.
47. Paterno FM, Buzanskas ME, Koury filho W, Lôbo RB, Queiroz SA. Genetic analysis of visual assessment and body weight traits and their relationships with reproductive traits in Nellore cattle. *J Agric Sci.* 2017;31;155(4):679–87. DOI:10.1017/S0021859617000028.
48. Carreño LOD, da Conceição Pessoa M, Espigolan R, Takada L, Bresolin T, Cavani L, et al. Genome Association Study for Visual Scores in Nellore Cattle Measured at Weaning. *BMC Genomics.* 2019 Dec 20;20(1):150. DOI: 10.1186/s12864-019-5520-9.
49. Koury Filho W, Albuquerque LG de, Forni S, Silva JAI de V, Yokoo MJ, Alencar MM de. Estimativas de parâmetros genéticos para os escores visuais e suas associações com

- peso corporal em bovinos de corte. *Rev Bras Zootec.* 2010 May;39(5):1015–22. DOI: 10.1590/S1516-35982010000500011.
50. Boligon AA, De Vargas L, Silveira DD, Roso VM, Campos GS, Vaz RZ, et al. Genetic models for breed quality and navel development scores and its associations with growth traits in beef cattle. *Trop Anim Health Prod.* 2016 Dec 15;48(8):1679–84. DOI: 10.1007/s11250-016-1143-1.
 51. Bignardi AB, Gordo DGM, Albuquerque LG, Sesana JC. Parâmetros genéticos de escore visual do umbigo em bovinos da raça Nelore. *Arq Bras Med Veterinária e Zootec.* 2011 Aug;63(4):941–7. DOI: 10.1590/S0102-09352011000400020.
 52. Sima PS. Modelos estatísticos para análise genética de escores visuais em bovinos de corte. [Tese]. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais: Escola de Veterinária; 2015.
 53. Cavalcanti JR. Osso sacro: sua anatomia está relacionada à facilidade de partos. IRCA – O Nelore Carne. [aceso em: 20 dez 2020]. 2010. Disponível em: <http://sites.beefpoint.com.br/neloreirca/osso-sacro-sua-anatomia-esta-relacionada-a-facilidade-de-partos-irca-o-nelore>.
 54. Feijó GLD. Padronização dos Cortes de Carne Bovina. Embrapa Gado de Corte. [acesso em 10 fev 2021]. Disponível em: <http://old.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/naoseriadas/cortes/>.
 55. Yokoo MJT, Werneck JN, Pereira MC, Albuquerque LGC de, Koury Filho W, Sainz RD, et al. Correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassom em bovinos de corte. *Pesq agropec bras.* 2009;44(2):197–202. DOI: 10.1590/S0100-204X2009000200012.
 56. Araújo RO de, Rorato PRN, Weber T, Everling DM, Lopes JS, Dornelles M de A. Genetic parameters and phenotypic and genetic trends for weight at weaning and visual scores during this phase estimated for Angus-Nellore crossbred young bulls. *Rev Bras Zootec.* 2010 Nov;39(11):2398–408. DOI: 10.1590/S1516-35982010001100012.
 57. Duitama LO, da Fonseca R, Bertipaglia T, Machado CH, Soares Filho C V. Estimação de parâmetros genéticos para escores visuais e características de desenvolvimento ponderal na raça Nelore. *Arq Bras Med Vet e Zootec.* 2015;67(4):1111–8. DOI: 10.1590/1678-4162-6874.
 58. Santana ML, Eler JP, Cucco DC, Bignardi AB, Ferraz JBS. Genetic associations between hip height, body conformation scores, and pregnancy probability at 14 months in Nelore cattle. *Livest Sci.* 2013 Jun;154(1–3):13–8. DOI:10.1016/j.livsci.2013.02.018.
 59. Toral FLB, Roso VM, de Araújo CV, Filho JCR. Genetic parameters and response to selection for post-weaning weight gain, visual scores and carcass traits in Hereford and Hereford×Nellore cattle. *Livest Sci.* 2011 May;137(1–3):231–7. DOI: 10.1016/j.livsci.2010.11.013.
 60. de Souza JC., Vargas MS., De Rezende MPG., Filho RSC., Barros BJ, Mota MF., et al.

- Uso de escores visuais como indicativo do peso à desmama em bovinos da raça Nelore. *Livest Res Rural Dev.* 2020;1–7.
61. Koury Filho W, Albuquerque LG de, Alencar MM de, Forni S, Silva JAI de V, Lôbo RB. Estimativas de herdabilidade e correlações para escores visuais, peso e altura ao sobreano em rebanhos da raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2009 Dec;38(12):2362–7. DOI:10.1590/S1516-35982009001200010.
 62. Lima PRM, Paiva SR, Cobuci JA, Neto JB, Machado CHC, McManus C. Genetic parameters for type classification of Nelore cattle on central performance tests at pasture in Brazil. *Trop Anim Health Prod.* 2013 Oct 9;45(7):1627–34. DOI: 10.1007/s11250-013-0408-1.
 63. de Faria CU, Magnabosco CU, de Albuquerque LG, los Reyes A, Bezerra LAF, Lôbo RB. Estimativas de correlações genéticas entre escores visuais e características de crescimento em bovinos da raça Nelore utilizando modelos bayesianos linear-limiar. *Ciência Anim Bras.* 2009;9(2):327–40.
 64. Taveira RZ, Neto OJS, Amaral AGA, Pimenta OS, Carvalho FE, Oliveira BC, Martins TR. Desempenho e escores visuais em bovinos ao sobre ano da raça Nelore. *Pubvet – Publicações em Med Veterinária e Zootec.* 2016;10:503–6.
 65. Gordo DGM, Baldi F, Lôbo RB, Filho WK, Sainz RD, Albuquerque LG. Genetic association between body composition measured by ultrasound and visual scores in Brazilian Nelore cattle. *J Anim Sci.* 2012 Dec 1;90(12):4223–9. DOI:10.2527/jas.2011-3935.
 66. Araújo RO, Marcondes CR, Everling DM, Weber T, Lopes JS, Garner AV, Gunski RJ, Rorato PRN. Abordagem bayesiana multivariada para características de crescimento, fertilidade e escores visuais de rebanhos da raça Brangus. *Pesqui Agropecuária Bras.* 2012;47:1077–86. DOI: 10.1590/S0100-204X2012000800007.
 67. Campos GS, Reimann FA, Schimdt PI, Cardoso LL, Sollero BP, Braccini J, et al. Threshold and linear models for genetic evaluation of visual scores in Hereford and Braford cattle. *Anim Prod Sci.* 2019;59(4):619. DOI: 10.1071/AN17436.
 68. de Faria CU, Magnabosco C de U, de Albuquerque LG, Bezerra LAF, Lôbo RB. Estimativas de correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassonografia em bovinos Nelore utilizando modelos bayesianos linear-limiar. *Rev Bras Zootec.* 2009;38(11):2144–51. DOI: 10.1590/S1516-35982009001100011.
 69. Busnardo M, Almeida JPD, Faria CU. Correlações fenotípicas entre características produtivas, reprodutivas e de carcaça de touros jovens da raça Nelore. *VETINDEX.* 2015;21:41–7.
 70. Oliveira MA, Cardoso V CR. Avaliações visuais e ultra-sonografia: medidas distintas que se complementam. *SBMA.* 2008;1–4.
 71. Sainz RD AF. Tipificação de carcaças de bovinos e suínos. *Anim Sci Dept.* 2001;1–27.

72. Castro LM de, Magnabosco CU, Sainz RD, Faria CU de, Lopes FB. Quantitative genetic analysis for meat tenderness trait in Polled Nellore cattle. *Rev Ciência Agronômica*. 2014 Jun;45(2):393–402. DOI: 10.1590/S1806-66902014000200022.
73. Lima Neto HR, Bergmann JAG, Gonçalves TM, Araújo FRC, Bezerra LAF, Saiz RD, et al. Parâmetros genéticos para características de carcaça avaliadas por ultrassonografia em bovinos da raça Guzerá. *Arq Bras Med Vet e Zootec*. 2009;61(1):251–8. DOI: 10.1590/S0102-09352009000100035.

CAPITULO 3 - ASSOCIAÇÃO DE ESCORES VISUAIS COM CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS EM BOVINOS NELORE UTILIZANDO INFERÊNCIA BAYESIANA

RESUMO

Estudos que relacionam características morfológicas com desempenho reprodutivo são escassos na literatura. Ainda assim, a utilização de escores visuais tem como vantagem, além de poderem ser utilizadas como indicadoras de precocidade e fertilidade sexual, a avaliação em animais jovens, antecipando a tomada de decisão em medidas tomadas de forma tardia, como perímetro escrotal aos 450 dias (PE450) e stayability (STAY). Objetivou-se, com este estudo, estimar os parâmetros genéticos para características de escores visuais e a associação dessas com características reprodutivas em bovinos Nelore, bem como as respostas nas características morfológicas quando a seleção genética é realizada para elas ou para outras características de importância econômica. Foram avaliados 12.060 bovinos Nelore, nascidos entre 2001 a 2020, pertencentes a HoRa Hofig Ramos, localizada no município de Brasilândia, Mato Grosso do Sul. Foram utilizados dados de escores visuais de 4.175 bovinos da raça Nelore, como musculosidade (M), estrutura (E), racial (R), conformação (C), ônfalo (O) e osso sacro (SAC). Além disso, foram avaliadas características de perímetro escrotal aos 365 (PE365) dias de idade, PE450, STAY, probabilidade de parto precoce (3P) e idade ao primeiro parto (IPP). As informações de genealogia, utilizadas para compor a matriz de parentesco foram fornecidas pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). Foram realizadas análises bicaracterísticas para estimação dos componentes de (co)variância, herdabilidades e correlações genéticas, residuais e fenotípicas, utilizando modelo animal linear-limiar, para características de reprodução com escores visuais, sob abordagem bayesiana. As estimativas de herdabilidade obtidas apresentam grande amplitude, variando de baixa a alta magnitude: 0,21; 0,28; 0,25; 0,25; 0,15; 0,18; 0,50; 0,53; 0,38; 0,54 e 0,10 para M, E, R, C, O, SAC, PE365, PE450, STAY, 3P e IPP, respectivamente. Esses resultados indicam viabilidade de seleção e obtenção de ganhos genéticos, principalmente para perímetro escrotal, STAY e 3P. Ainda assim, a seleção genética para escores visuais é viável. As correlações genéticas entre característica de escores visuais e reprodução foram, de maneira geral, baixas, com exceção entre M com 3P, E com STAY, R com PE450, C com PE365, PE450, STAY e IPP, O com STAY e IPP, e SAC com PE365, STAY e IPP, que foram moderadas a altas. A seleção de animais com maiores notas, principalmente, para escores de M, E, C e SAC podem ser utilizados como ferramentas auxiliares de seleção com objetivo de obtenção de progresso genético para precocidade, fertilidade sexual e capacidade de permanência de forma eficiente da fêmea no rebanho em animais da raça Nelore.

Palavras-chave: associação genética, escores visuais, precocidade sexual, stayability, zebuínos.

CHAPTER 3 –ASSOCIATION OF VISUAL SCORES WITH REPRODUCTIVE TRAITS IN NELORE CATTLE USING BAYESIAN INFERENCE

ABSTRACT

Studies that relate morphological traits to reproductive performance are scarce. Even so, the use of visual scores has the advantage, besides being able to be used as indicators of precocity and sexual fertility, the evaluation in young animals, anticipating the decision making in measures taken late, such as scrotal circumference at 450 days of age (SC450) and stayability (STAY). The aim of this study was to estimate the genetic parameters for visual score and their association with reproductive traits in Nelore cattle, in Nelore cattle, as well as the responses in the morphological traits when genetic selection is carried out for other profitability traits. A total of 12,060 Nelore cattle, born between 2001 and 2020, belonging to HoRa Hofig Ramos, located in the municipality of Brasilândia, Mato Grosso do Sul, were evaluated. Visual score data from 4,175 Nelore cattle were used, such as muscling (M), physical structure (PS), racial (R), conformation (C), navel (N), and sacrum bone (SAC). Besides, scrotal circumference at 365 (SC365) days of age, SC450, STAY, probability of precocious calving (PPC), and age at first calving (AFC) were evaluated. The National Association of Breeders and Researchers (ANCP) provided the genealogy information used to compose the kinship matrix. Bi-trait analyzes were performed to estimate the components of (co)variance, heritabilities, and genetic, residual, and phenotypic correlations, using linear-threshold animal model, for reproductive with visual scores traits, under the Bayesian inference. The heritability estimates obtained are very wide, varying from low to high magnitude: 0.21; 0.28; 0.25; 0.25; 0.15; 0.18; 0.50; 0.53; 0.38; 0.54 and 0.10 for M, PS, R, C, N, SAC, SC365, SC450, STAY, PPC and AFC, respectively. These results indicate the viability of selecting and obtaining genetic gains, mainly for scrotal circumference, STAY, and PPC. Still, genetic selection for visual scores is feasible. The genetic correlations between the visual scores and reproductive traits were generally low, except for M with PPC, PS with STAY, R with SC450, C with SC365, SC450, STAY and AFC, N with STAY and AFC, and SAC with SC365, STAY and AFC, which were moderate to high. The selection of animals with higher scores, mainly for M, PS, and C and SAC scores, can be used as auxiliary selection tools to obtain genetic progress for precocity, sexual fertility, and the female's longevity in Nelore breed animals.

Keywords: genetic association, sexual precocity, stayability, visual scores, zebu cattle.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os programas de melhoramento genético animal vêm avaliando e classificando os animais por índices empíricos compostos por características reprodutivas, de crescimento e tipo morfológico¹. A seleção de animais baseada no tipo morfológico equilibrado ao sistema de produção é um dos aspectos determinantes para eficiência econômica dos sistemas de produção de bovinos de corte. São características que apresentam viabilidade de seleção, considerando as estimativas de herdabilidade de moderada magnitude a alta, confirmando a possibilidade de utilização como critérios de seleção. Além disso, permite que um amplo número de animais sejam avaliados, sem a necessidade de submetê-los a mensurações objetivas, logo há uma diminuição do estresse, o que torna o processo mais ágil e de menor custo^{2,3, 4-5}.

Além dos escores visuais e características ponderais, outro fator determinante ao sistema de produção são as características indicadoras de fertilidade e precocidade sexual, como idade ao primeiro parto (IPP), probabilidade de parto precoce (3P), stayability (STAY) e perímetro escrotal (PE365 e PE450)^{5,6,7,8,9}. Rebanhos detentores de índices elevados para características reprodutivas, possuem maior intensidade de seleção e, conseqüentemente, progressos genéticos mais elevados e maior lucratividade¹⁰.

Melhorar a precocidade sexual das fêmeas pode ser uma das alternativas para alcançar maior sucesso na pecuária de corte. Isso porque, a antecipação da vida reprodutiva das fêmeas possibilita a redução do tempo para obter retorno do investimento e o aumento do número de bezerros produzidos ao longo da vida útil da vaca, capacidade de as novilhas expressarem fertilidade precocemente. Além disso, características como a 3P apresentam variabilidade e estimativas de herdabilidade média a alta. Já características como a STAY possibilitam a ampliação do descarte voluntário e diminuição dos custos com alimentação com fêmeas que não estão produzindo. A seleção para precocidade e fertilidade também permite o acréscimo no número de fêmeas com idade onde há maior produção de leite, resultando em bezerros mais pesados e redução dos custos destinados a reposição, o que possibilita maior intensidade de seleção nas fêmeas, além disso reduz o intervalo entre gerações, contribuindo para o progresso genético^{8,10,12-13}.

Dessa forma, o conhecimento da inter-relação existente entre características visuais e indicadores de fertilidade e precocidade sexual é de fundamental interesse econômico para os programas de seleção. Isso porque essas estimativas permitem prever as possíveis mudanças que a inclusão de escores visuais nos índices de seleção de bovinos

Nelore traria na eficiência reprodutiva. A avaliação por meio de escores visuais possibilita a seleção de animais ainda jovens, o que pode auxiliar a avaliação de medidas reprodutivas avaliadas de forma tardia como o PE450 e a stayability¹⁴, levando a redução dos custos de avaliações e aumento na rentabilidade dos sistemas de produção¹⁵.

No entanto, estudos que relacionam características morfológicas com desempenho reprodutivo são escassos na literatura^{16,17-18}. De acordo com Boligon e Albuquerque¹⁶, os escores visuais de musculatura (M), precocidade (P), conformação (C) e o perímetro escrotal podem responder rapidamente a seleção individual. Os autores ainda relatam que a seleção para escores visuais, além de permitir a seleção de animais mais bem equilibrados quanto a sua morfologia pode ser uma boa alternativa para melhorar a fertilidade e a precocidade sexual de bovinos Nelore, devido as estimativas de correlações entre estas características serem positivas e de moderada. Paterno et al.¹⁷, utilizando inferência bayesiana na estimação dos parâmetros genéticos entre características visuais e reprodutivas, relataram que a seleção de animais com maiores escores para M e P avaliados ao sobreano, indiretamente poderá levar a redução na IPP de novilhas, o que é desejável ao sistema de produção. Os autores também encontraram coeficientes de correlações genéticas positivas e favoráveis entre 3P e STAY com escores visuais, indicando que ao selecionar animais com maiores valores para estrutura (E), P e M, indiretamente estará selecionando animais com sucesso nas características de precocidade e permanência no rebanho.

Diante do exposto, objetivou-se, com este estudo, estimar os parâmetros genéticos para características de escores visuais e a associação dessas com características reprodutivas em bovinos Nelore, utilizando inferência Bayesiana sob modelo animal linear-limiar, em bovinos Nelore. A hipótese do presente estudo foi que é possível a obtenção de ganhos genéticos em características de escores visuais através da seleção genética e que está tem efeito desejável em características de fertilidade e precocidade sexual em bovinos Nelore.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Informações gerais sobre a base de dados

O presente estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética e Experimentação Animal/CEUA da Universidade Federal de Goiás, protocolo N. 089/20. O arquivo de dados utilizados apresentou informações de 12.060 bovinos da raça Nelore (7.804 fêmeas e 4.256 machos), nascidos entre 2001 a 2020, pertencentes a HoRa Hofig Ramos, localizada no município de Brasilândia, Mato Grosso do Sul. Foram utilizados dados de escores visuais de 4.175 bovinos da raça Nelore, com idade média de 22 meses. As informações de genealogia, utilizadas para compor a matriz de parentesco foram fornecidas pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). A matriz de parentesco foi composta por 20.390 animais, sendo 1.407 touros e 10.633 vacas com progênies. Os animais que compuseram a base de dados apresentaram endogamia média de 0,80% e a proporção de indivíduos endogâmicos sobre a população total foi de 0,94%. Esses parâmetros foram estimados utilizando o programa INBUPGF90¹⁹.

2.2 Características avaliadas

As características reprodutivas avaliadas foram o perímetro escrotal aos 365 (PE365) e 450 (PE450) dias de idade, IPP, 3P e STAY. O perímetro escrotal foi mensurado a cada 90 dias utilizando fita métrica específica, a partir dos 9 meses até 18 meses de idade. Para 3P, as fêmeas que tiveram prenhez confirmada e pariram pela primeira vez até os 30 meses, receberam categoria 2 (sucesso) e fêmeas que não apresentaram partiço até essa idade receberam categoria 1 (fracasso), além disso, fêmeas que não atingiram esta idade e não confirmaram prenhes foi atribuído como informação perdida. Para STAY, as fêmeas que apresentaram no mínimo três partos até os 76 meses receberam categoria 2 (sucesso) e animais que não alcançam três partos até esta idade receberam categoria 1 (fracasso).

Para coleta dos escores visuais, os animais foram avaliados com média de 22 meses de idade pelo método denominado MERCOS²⁰, que engloba a M, estrutura (E), aspectos raciais (R), conformação (C, ônfalo (O), aspectos sexuais (S) e osso sacro (SAC). Porém, não foi realizada a avaliação dos aspectos sexuais.

A avaliação visual foi realizada dentro do mesmo lote de manejo, ou seja, animais de mesmo sexo, nascidos no mesmo ano e estação e que receberam as mesmas condições de manejo, sendo os escores atribuídos a cada animal relativos ao perfil médio do lote para cada característica, comparativamente. Nessa etapa, procurou-se visualizar os indivíduos

superiores, intermediários, e inferiores dentro de cada grupo, para então serem atribuídos os escores individuais em relação ao lote²⁰. Assim, um animal que comparado ao seu lote de manejo, foi considerado intermediário (escore igual a três, para características de 1 a 5), representou a referência para a classificação dos demais abaixo ou acima da média. Para animais adultos, os escores atribuídos às características visuais foram relativos a um tipo morfológico de referência da raça, não sendo utilizado o mesmo critério comparativo dentro de cada lote de manejo, aplicado em animais em crescimento²¹.

2.3 Consistência dos dados

Para a execução das análises genéticas foram realizadas restrições ao banco de dados, objetivando-se garantir a consistência das informações. A edição, consistência e análise descritiva dos dados foram realizadas com a utilização do programa R²¹. Os dados foram previamente avaliados com modelos mistos e análise de variância para identificar os fatores não genéticos que influenciaram as características em questão, sendo identificados os efeitos significativos ($P < 0,05$). A partir dessa análise, definiu-se os grupos de contemporâneos (CG) e as covariáveis inclusas nos modelos para análise genética. Assim, para as características reprodutivas, os GC foram constituídos por animais de mesma fazenda, nascidos no mesmo ano e estação de nascimento, com o mesmo sexo e lote de manejo no momento de mensuração e/ou avaliação de cada característica. A estação de nascimento dos animais foi agrupada em duas classes. Sendo a seca, de abril a setembro, e chuvosa de outubro a março. Para garantir maior variabilidade dentro dos GCs para as características de escores visuais, de forma que os GCs apresentassem animais em todas os escores, este foi composto apenas por animais de mesma fazenda e ano de nascimento, sendo os demais efeitos significativos inclusos no modelo como efeito fixo de forma separada.

Na consistência dos dados, grupos de contemporâneos com menos de quatro animais e animais cujas informações foram acima ou abaixo de 3,5 desvios-padrão em relação à média do respectivo grupo contemporâneo foram excluídos das análises. Além disso, para M e E foram excluídas as observações nos animais que apresentam escore igual a 1, devido à baixa frequência observada nestas características. A distribuição dos escores para as características de avaliação visual estão apresentadas na tabela 1. Desta forma, para as análises genéticas foram consideradas informações de 12.060 animais da raça Nelore. O número de observações e a estatística descritiva das características avaliadas estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 1 – Distribuição (%) para as características de escores visuais em bovinos Nelore

Características	Escores visuais				
	1	2	3 ^{*1}	4	5 ^{*2}
Musculatura	0,00	12,81	40,12	43,55	3,53
Estrutura	0,00	8,98	55,13	35,00	0,89
Aspectos Raciais	3,26	31,57	48,77	16,02	0,38
Conformação	0,72	20,17	48,60	29,58	0,93
Ônfalo	1,44	25,65	64,43	7,95	0,53
Sacro	11,71	79,90	8,38		

*¹Escore ideal para ônfalo e sacro; *²Escore ideal para musculabilidade, estrutura física, aspectos raciais e conformação.

Tabela 2- Estatística descritiva das características de reprodução e escores visuais em bovinos da raça Nelore

Características	Nº	Touros	Vacas	Min.	Max.	Média	Moda	DP	CV (%)	Nº GC	Média do nº obs. GC
PE365 (cm)	1065	55	930	18	29	22,37	21,00	1,90	8,51	9	57
PE450 (cm)	1053	55	898	19	35	26,40	25,60	2,58	9,79	7	69
STAY	932	58	781	1	2	1,45	2,00	0,50	34,32	12	29
3P (meses)	2102	74	1601	1	2	1,19	1,00	0,39	32,97	18	53
IPP (meses)	3075	103	2380	21	39	33,59	34,00	3,72	11,06	22	60
M	4170	101	3066	2	5	2,38	4,00	0,75	31,52	23	182
E	4154	101	3055	2	5	2,28	3,00	0,63	27,70	23	182
R	4175	101	3069	1	5	2,79	3,00	0,76	27,24	23	182
C	4175	101	3069	1	5	3,10	3,00	0,74	24,02	23	182
O	4175	101	3069	1	5	2,80	3,00	0,61	21,88	23	182
SAC	4175	101	3069	1	3	1,97	2,00	0,45	22,73	23	182

Nº: número de observações; Min.: valores mínimos; Max.: valores máximos; DP: desvio-padrão; CV: coeficiente de variação; Nº GC: número de grupo de contemporâneos; Média do nº obs. GC: média de animais por grupo de contemporâneos; PE365: perímetro escrotal ajustado aos 365 dias de idade; PE450: perímetro escrotal ajustado aos 450 dias de idade; STAY: stayability; IPP: idade ao primeiro parto; 3P: probabilidade de parto precoce; M: musculatura; E: estrutura física; R: aspectos raciais; C: conformação; O: ônfalo; SAC: sacro; MMF: mérito morfológico funcional.

2.4 Estimação dos componentes de (co)variância e parâmetros genéticos

Os valores iniciais dos componentes de (co)variância foram obtidos a partir de análises preliminares utilizando modelos lineares com abordagem da máxima verossimilhança restrita e programa REMLF90 e AIREMLF90¹⁹. Foram realizadas análises bicaracterísticas para estimação dos componentes de (co)variância, herdabilidades e correlações genéticas e fenotípicas, usando modelo animal linear para características, PE365, PE450 e IPP, e de limiar (*threshold*) para as características de escores visuais, 3P e STAY.

Foi utilizado modelo com a combinação de características linear-limiar sob abordagem bayesiana, com auxílio do THRGIBBS1F90²³, programa que estima os componentes de (co)variância e os parâmetros genéticos com um modelo animal misto *threshold* e permite a combinação de características categóricas e contínuas²⁴. O modelo geral pode ser representado com a matriz abaixo:

$$y = X\beta + Z\alpha + e$$

Em que: y é o vetor das observações; β é o vetor dos efeitos fixos; α é o vetor dos efeitos genético aditivo direto; X e Z são as matrizes de incidência que relacionam β e α com y , respectivamente; e e é o vetor de efeitos residuais associados a cada observação.

Como efeitos fixos, para reprodução foi incluso o GC. Para as características de escores visuais, foi considerado como efeitos fixos o GC, além do sexo, estação de nascimento e lote de manejo e a idade do animal no momento da avaliação como co-variável linear e quadrática. O modelo de avaliação com a inclusão da idade como co-variável linear e quadrática apresentou os menores erros de predição, sendo definido como o mais adequado. Considerando que a avaliação visual foi realizada por um técnico apenas, esse efeito não foi incluso no modelo. Não foram utilizados efeito materno e de ambiente permanente, pois foi verificado através de análises de variância, que a contribuição desses efeitos na variância fenotípica foram inferiores a 3%.

No modelo de limiar, foi assumido que a escala subjacente apresenta distribuição normal continua sendo representada como:

$$U|\theta \sim N(W\theta, I\sigma_e^2)$$

Em que: U é o vetor de escala subjacente com ordem r , que é o número de animais; $\theta' = (\beta', \alpha')$ é o vetor dos parâmetros de locação de ordem s , onde s é o número de efeitos do modelo e β é o vetor dos efeitos de ordem s com α , como efeitos aleatórios genéticos aditivo

direto; W é a matriz de incidência de ordem r por s ; I é a matriz de identidade de ordem r por r ; e σ_{ϵ}^2 é a variância residual. Considerando que a variável na distribuição subjacente não é observável, a parametrização $\sigma_{\epsilon}^2 = 1$ foi adotada para se obter identificabilidade na função de verossimilhança²⁵.

A probabilidade condicional que y_i seja encontrada dentro de uma categoria j ($j = 1, 2, 3, 4, 5$), dados os vetores β, α, t ($t = t_{min}, t_1, \dots, t_{j-1}, t_{max}$) é dado por:

$$\begin{aligned} \Pr(y_i = j | \beta, \alpha, t) &= \Pr(t_{j-1} < U < t_j | \beta, \alpha, t) \\ &= \Phi(t_j - X_i' \beta - z_i' \alpha) \\ &\quad - \Phi(t_{j-1} - X_i' \beta - z_i' \alpha) \\ &= p(y_i | \beta, \alpha, t) \end{aligned}$$

Características categóricas são determinadas por variáveis contínuas não observáveis, em escala subjacente, em que são fixados valores iniciais de limiares, na qual: $t_1 < t_2 \dots t_{j-1}$ com $t_0 = -\infty$ e $t_j = \infty$, onde j é o número de categorias. Os dados observados são dependentes de variável subjacente que é limitada por dois limiares não observáveis²⁶. Assim, as características categóricas de y_i (características de escores visuais) para cada animal i são definidas por U_i em uma escala subjacente: $y_1 = (1) t_0 < U_i \leq t_1$; $(2) t_1 < U_i \leq t_2$; $(3) t_2 < U_i \leq t_3$; $(4) t_3 < U_i \leq t_4$; $(5) t_4 < U_i \leq t_5$
 $i = 1, \dots, n$,

Em que: n é o número de observações para cada escore. Após as especificações dos limiares t_0 a t_5 é necessário que um dos limites (de t_1 a t_4) sejam ajustados para uma constante arbitrária²⁷. Assim, a variância residual e a covariância residual entre as características foi estimável e assumiu-se $t_1 = 0$ e $t_2 = 1$. Para as características M e E foi assumido que $t_1 = 0$, de forma que o vetor dos limiares estimáveis foram definidos como $t = t_2, t_3, t_4$ e t_5 .

Os vetores β e a são parâmetros de locação da distribuição condicional $y | \beta, a$. Foi considerado *a priori* que β tem uma distribuição uniforme, que reflete um conhecimento prévio vago sobre esse vetor. Para os outros componentes, foram atribuídas distribuições

Wishart invertida foi definida como *priori*. Assim, a distribuição de y dado os parâmetros de localização e escala foi considerado como²⁸:

$$y|\beta, \alpha, R \sim N[X\beta + Z\alpha, I_N R]$$

Foram geradas cadeias de 63.000 até 2.000.000 iterações, com um *burn-in* de 50.000 até 1.000.000 ciclos e amostragem a cada 10 até 500 ciclos. As estimativas a *posteriori* foram obtidas utilizando o programa POSTGBBSF90¹⁹. A convergência foi verificada através da inspeção gráfica (gráficos *trace* e da densidade a posteriori) das variâncias genéticas, residuais *vs.* as iterações. Além disso, a convergência das cadeias foi avaliada pelo critério proposto por Geweke²⁹ e também a autocorrelação entre as amostras, com auxílio do pacote Boa³⁰ e EasyGEN³¹ do programa R²². O total de amostras armazenadas para computar as médias a *posteriori*, desvio-padrão e intervalo de credibilidade variou de 1.000 a 4.000, de acordo com o tamanho da cadeia utilizado. As estimativas pontuais dos parâmetros foram calculadas como as médias, moda e mediana a *posteriori* dos seus respectivos componentes de variância, obtidos nas análises bicaracterísticas. Os intervalos de credibilidade das marginais posteriores foram obtidos com 95% de credibilidade.

2.5 Resposta à seleção

A resposta à seleção direta esperada foi estimada utilizando a seguinte equação³²:

$$\Delta G_Y = r_{tiY} * i_Y * \sigma_{aY}$$

Em que: ΔG_Y é o ganho genético na característica Y por geração; r_{tiY} é a acurácia da predição genética de Y, obtida como raiz quadrada da herdabilidade; i_Y é a intensão de seleção para a característica Y; e σ_{aY} é a variância genética, obtida como desvio-padrão (DP) do efeito genético aditivo na característica Y. Para definir a intensidade de seleção, foi considerada a proporção de registros de fenótipos no conjunto de dados, onde os escores visuais e apresentaram menor proporção de fenotipados e menor intensidade de seleção, uma vez que essas características são pouco avaliadas. Assim, a intensidade de seleção assumida para as características relacionadas aos escores visuais e reprodução foram 0,97 e 1,40, respectivamente.

As respostas correlacionadas para características de escores visuais quando a seleção direta foi realizada para características de reprodução, foram obtidas pela seguinte equação³².

$$\Delta G_{Y|X} = r_{gXY} * r_{tiX} * i_X * \sigma_{aY}$$

Em que: $\Delta G_{Y|X}$ é o ganho genético por geração para a característica Y (scores visuais), dada a seleção para X (características reprodutivas); $r_{g_{XY}}$ é a correlação genética entre X com Y; r_{tiX} é a acurácia de predição genética de X; i_X é a intensidade de seleção para característica X; σ_{aY} é o DP do efeito genético aditivo da característica Y.

A eficiência relativa de seleção (ERS) foi calculada com a razão entre a resposta direta e indireta à seleção, conforme abaixo:

$$ERS = \Delta G_Y / \Delta G_{Y|X} * 100$$

Para valores de ERS abaixo de 100% (ou entre -1 a -100%), espera-se que o ganho genético para a característica Y seja maior se a seleção for realizada diretamente para característica X (característica indireta). No entanto, para valores de ERS acima de 100% (ou abaixo de -100%), espera-se que o ganho genético para característica Y seja maior se a seleção for feita diretamente para ela. Para a direção e resposta à seleção, os valores negativos indicam que a resposta é inversamente proporcional, enquanto, os valores positivos indicam que a seleção para aumento da característica X leva ao aumento também da característica Y.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das estimativas dos componentes de variância, herdabilidade com seus respectivos desvios-padrão e intervalos de credibilidade, para características reprodutivas e escores visuais, obtidas em análises de bicaracterísticas estão apresentados na tabela 3.

Nas análises genéticas para características reprodutivas e escores visuais, as médias, modas e medianas das estimativas dos parâmetros genéticos foram similares, indicando simetria das distribuições *a posteriori*. Assim, a média foi utilizada como medida de tendência central da distribuição *a posteriori* dos parâmetros genéticos para apresentação dos resultados e discussão.

As estimativas de herdabilidade obtidas para perímetro escrotal foram de alta magnitude (0,50 e 0,53 para PE365 e PE450, respectivamente). Em geral, a herdabilidade para PE é mais alta que as demais características reprodutivas utilizadas como critério de seleção, fato este atribuído a menor influência ambiental sobre a manifestação dessa característica. Essas estimativas estão dentro do intervalo relatado na literatura para bovinos Nelore, cujos valores variam de 0,29 a 0,58 e 0,33 e 0,57 para PE365 e PE450, respectivamente^{6,7,9,10,33,34}, em análises utilizando Inferência Bayesiana e Máxima Verossimilhança Restrita.

Os valores próximos de herdabilidade obtidos para PE365 e PE450 indicam semelhante variabilidade genética entre ambos, demonstrando que a seleção genética pode ser realizada em qualquer uma das características, obtendo ganhos genéticos similares¹⁰. No entanto, a avaliação antecipada utilizando PE365, possibilita a seleção de animais para precocidade sexual, devido a associação entre os fatores relacionados ao desenvolvimento inicial ovariano nas fêmeas e testicular nos machos³⁴. Por outro lado, a seleção para PE450, é indicativo de fertilidade sexual, estando relacionado com a libido, aspectos quantitativos e qualitativos do sêmen e, conseqüentemente, maior fertilidade³⁵.

Para STAY a herdabilidade observada (0,38) está dentro do intervalo relatado na literatura, cujas estimativas encontradas na literatura em bovinos Nelore variam de baixa a alta magnitude (0,09 a 0,25)^{7,8,9,36}. No entanto, Queiroz et al.³⁷ reportaram estimativa de herdabilidade superior (0,59) em bovinos da raça Caracu. A alta herdabilidade para STAY neste estudo, já era esperada, visto que assim como as outras características avaliadas, os animais pertenciam a um único rebanho e foram submetidas as mesmas condições criação e manejo, reduzindo a variância ambiental.

Tabela 3 – Estimativas *a posteriori* dos componentes de variância para características de reprodução e escores visuais em bovinos Nelore

Parâmetro	Média±DP	Moda	Mediana	IC (95%)
σ^2_a PE365	1,24±0,01	1,11	1,20	0,67-1,99
σ^2_e PE365	1,71±0,01	1,76	1,73	1,15-2,17
σ^2_p PE365	2,58±0,02	2,51	2,56	1,60-3,64
h^2_d PE365	0,50±0,01	0,47	0,49	0,46-0,55
σ^2_a PE450	3,01±0,01	2,87	2,96	1,76-4,59
σ^2_e PE450	2,69±0,01	2,77	2,72	1,55-3,65
σ^2_p PE450	5,70±0,01	5,64	5,67	3,32-8,24
h^2_d PE450	0,53±0,01	0,51	0,52	0,53-0,55
σ^2_a STAY	0,63±0,14	0,38	0,51	0,13-1,80
σ^2_e STAY	1,00±0,01	1,00	1,00	0,94-1,06
σ^2_p STAY	1,63±0,07	1,38	1,52	1,07-2,87
h^2_d STAY	0,38±0,02	0,27	0,34	0,12-0,61
σ^2_a 3P	1,23±0,20	0,81	1,07	0,39-2,93
σ^2_e 3P	1,00±0,01	1,00	1,00	0,94-1,07
σ^2_p 3P	2,23±0,10	1,81	2,07	1,33-4,00
h^2_d 3P	0,54±0,02	0,44	0,51	0,29-0,73
σ^2_a IPP	0,71±0,01	0,64	0,69	0,30-1,22
σ^2_e IPP	6,70±0,01	6,68	6,70	6,16-7,22
σ^2_p IPP	7,41±0,01	7,32	7,39	6,45-8,44
h^2_d IPP	0,10±0,01	0,09	0,09	0,05-0,14
σ^2_a M	0,06±0,01	0,06	0,06	0,03-0,09
σ^2_e M	0,23±0,01	0,20	0,22	0,15-0,35
σ^2_p M	0,29±0,02	0,26	0,28	0,19-0,45
h^2_d M	0,21±0,01	0,23	0,22	0,19-0,20
σ^2_a E	0,05±0,01	0,05	0,05	0,03-0,07
σ^2_e E	0,14±0,01	0,13	0,13	0,10-0,18
σ^2_p E	0,19±0,02	0,18	0,19	0,13-0,26
h^2_d E	0,28±0,01	0,28	0,28	0,24-0,27
σ^2_a R	0,02±0,01	0,02	0,02	0,01-0,03
σ^2_e R	0,06±0,01	0,05	0,06	0,04-0,12
σ^2_p R	0,08±0,02	0,08	0,08	0,06-0,16
h^2_d R	0,25±0,01	0,29	0,27	0,25-0,21
σ^2_a C	0,02±0,01	0,02	0,02	0,00-0,02
σ^2_e C	0,06±0,01	0,06	0,06	0,05-0,08
σ^2_p C	0,08±0,02	0,01	0,02	0,01-0,03
h^2_d C	0,25±0,01	0,29	0,27	0,27-0,24

σ^2_a : variância genética aditiva direta; σ^2_m : variância materna; σ^2_{pe} : variância de ambiente permanente; σ^2_e : variância residual; σ^2_p : variância fenotípica; h^2_d : herdabilidade direta; PE365: perímetro escrotal ajustado aos 365 dias de idade; PE450: perímetro escrotal ajustado aos 450 dias de idade; STAY: stayability; IPP: idade ao primeiro parto; 3P: probabilidade de parto precoce; M: musculatura; E: estrutura física; R: aspectos raciais; C: conformação; O: ônfalo; SAC: sacro.

Tabela 3 – Estimativas *a posteriori* dos componentes de variância para características de reprodução e escores visuais em bovinos Nelore (Continuação)

Parâmetro	Média±DP	Moda	Mediana	IC (95%)
σ^2_a O	0,004±0,01	0,004	0,004	0,00-0,05
σ^2_e O	0,02±0,01	0,02	0,02	0,01-0,03
σ^2_p O	0,03±0,02	0,02	0,02	0,01-0,04
h^2_d O	0,15±0,01	0,16	0,16	0,12-0,14
σ^2_a SAC	0,03±0,01	0,02	0,03	0,01-0,04
σ^2_e SAC	0,12±0,01	0,12	0,12	0,10-0,13
σ^2_p SAC	0,15±0,02	0,15	0,15	0,12-0,18
h^2_d SAC	0,18±0,01	0,17	0,18	0,11-0,24

σ^2_a : variância genética aditiva direta; σ^2_m : variância materna; σ^2_{pe} : variância de ambiente permanente; σ^2_e : variância residual; σ^2_p : variância fenotípica; h^2_d : herdabilidade direta; PE365: perímetro escrotal ajustado aos 365 dias de idade; PE450: perímetro escrotal ajustado aos 450 dias de idade; STAY: stayability; IPP: idade ao primeiro parto; 3P: probabilidade de parto precoce; M: musculatura; E: estrutura física; R: aspectos raciais; C: conformação; O: ônfalo; SAC: sacro.

Além disso, a regularidade reprodutiva foi adotada como um critério de seleção, assim todos animais que apresentavam problemas reprodutivos eram descartados, consequentemente, só permanecia na fazenda aqueles que tivessem a primeira parição de forma antecipada e/ou que parissem regularmente e entregassem bezerros pesados. Assim, a seleção reprodutiva foi realizada priorizando a permanência das fêmeas mais longevas, mais férteis e com menor intervalo de partos, resultando em maior variância aditiva e, consequentemente maior herdabilidade para STAY. Isso resultou em uma proporção de 45% fêmeas do rebanho avaliadas com capacidade de permanência no rebanho e produzindo, resultando em maiores ganhos e amortização dos custos, o que é uma porcentagem bastante superior considerando o número de animais da fazenda que foram submetidas as análises e quando comparada a porcentagem de fêmeas que apresentam sucesso nesta avaliação no programa de melhoramento genético que o rebanho é participante, que é de 31% na ANCP³⁸.

Ainda assim, a ampla variação nas estimativas de herdabilidade para essa característica pode ser atribuída³⁶⁻³⁷ aos diferentes modelos utilizados nas definições das características, bem como a possíveis diferenças genéticas nas populações avaliadas³⁶⁻³⁷. A estimativa de herdabilidade obtida demonstra que a seleção de fêmeas com base na base na stayability, é vantajosa, uma vez que é possível a obtenção de expressivos ganhos genéticos que resultarão na diminuição de custos dispendidos com reposição de fêmeas, pois a fêmeas permaneceram por um maior tempo no rebanho produzindo; aumento no número de animais para comercialização; redução dos custos de manutenção de matrizes, devido ao maior número de bezerros nascidos e aumento o número de animais adultos mais produtivos no

rebanho³⁹. Por fim, a seleção para STAY promove o descarte sustentável, com menor probabilidade de erro, possibilitando o aumento do planejamento direcionado do rebanho.

Foi observada estimativa de herdabilidade de alta magnitude (0,54) para 3P, indicando rápida resposta a seleção. A estimativa obtida é semelhante aos valores apresentados na literatura para animais da raça Nelore, cujos valores variam de 0,36¹⁷ a 0,55⁴⁰, estimados sob inferência Bayesiana. O resultado obtido no presente estudo confirma que a característica 3P pode ser incluída nos programas de seleção de bovinos de corte como um critério eficaz para a seleção para precocidade sexual⁷. A alta herdabilidade para 3P pode ser atribuída a seleção para precocidade e eficiência reprodutiva que o rebanho avaliado vem sendo submetido, conforme mencionado para STAY.

Indicador direto da precocidade sexual em fêmeas, a IPP apresentou estimativa de herdabilidade de 0,10, valor que está de acordo com os encontrados por Kluska et al.⁷, Schmidt et al.⁸, Costa et al.⁹ e Claus et al.¹⁴, cujas estimativas variaram de 0,08 a 0,13, sugerindo que a seleção focada nesta característica trará um progresso genético mais lento, devido a baixa estimativa de herdabilidade, em comparação à 3P. Contudo, considerando a importância econômica das características indicadoras de precocidade sexual para os sistemas de produção, mesmo que apresentem herdabilidades relativamente baixas, a sua utilização deve ser considerada como critério de seleção¹⁰⁻⁴¹.

Além disso, a menor estimativa de herdabilidade para IPP pode ser atribuída a maior influência que o manejo reprodutivo tem sobre essa característica, em comparação à 3P, por exemplo. Isso porque, embora fêmeas jovens apresentem potencial genético para precocidade sexual, não são expostas a reprodução em virtude do peso, mesmo que estejam preparadas fisiologicamente. Por outro lado, vacas, por apresentarem sistema reprodutivo melhor desenvolvido, apresentam maior facilidade para emprenhar, assim a diferença dentro da população pode ser atribuída, não ao componente genético, mas à idade em que as fêmeas são expostas à reprodução¹⁰⁻⁴¹.

Os escores visuais obtidos pelo método MERCOS apresentaram estimativas de herdabilidade de baixa a moderada magnitude, variando de 0,15 a 0,28. De fato, Forni et al.⁴² relatam que características morfológicas sofrem grande influência ambiental, com isso, respostas de pequena magnitude à seleção direta podem ser esperadas. Ainda assim, as estimativas obtidas, associadas ao baixo custo de implementação, justificam a utilização dessas características como ferramentas auxiliares de seleção de animais da raça Nelore^{43,44-45}. Uma ampla discussão acerca dessas estimativas e das correlações genéticas, residuais e fenotípicas entre essas características podem ser consultadas no capítulo 2 dessa dissertação.

A estimativas das correlações genéticas, residuais e fenotípicas entre as características de escores visuais e reprodutivas estão apresentadas na tabela 4 e a eficiência relativa de seleção para escores visuais quando a seleção é realizada diretamente para características de reprodução está apresentada na tabela 5.

Tabela 4 - Estimativas *a posteriori* das correlações genéticas, residuais e fenotípicas entre características de escores visuais e reprodução em bovinos Nelore

Parâmetros	Correlações genéticas				Correlações residuais	Correlações fenotípicas
	Média±DP	Moda	Mediana	IC (95%)		
M x PE365	0,15±0,18	0,18	0,16	(-0,21)-0,48	0,20	0,21
M x PE450	0,03±0,18	-0,04	0,00	(-0,33)-0,35	0,27	0,09
M x STAY	-0,06±0,24	-0,03	-0,05	(-0,52)-0,43	-0,22	-0,08
M x 3P	-0,22±0,22	-0,25	-0,23	(-0,62)-0,22	0,23	-0,02
M x IPP	0,14±0,20	0,18	0,16	(-0,27)-0,53	-0,09	-0,01
E x PE365	0,13±0,19	0,13	0,14	(-0,23)-0,49	0,11	0,12
E x PE450	0,14±0,18	0,14	0,15	(-0,23)-0,47	0,16	0,08
E x STAY	0,21±0,29	0,26	0,24	(-0,46)-0,68	-0,18	-0,08
E x 3P	0,17±0,32	0,18	0,16	(-0,39)-0,91	0,26	0,00
E x IPP	-0,09±0,25	-0,09	-0,09	(-0,58)-0,42	-0,07	0,01
R x PE365	-0,16±0,19	-0,15	-0,16	(-0,51)-0,22	0,13	0,03
R x PE450	-0,25±0,17	-0,24	-0,26	(-0,55)-0,08	0,29	0,07
R x STAY	-0,16±0,28	-0,22	-0,17	(-0,64)-0,45	-0,06	0,06
R x 3P	-0,14±0,21	-0,19	-0,15	(-0,55)-0,26	0,19	0,02
R x IPP	-0,18±0,23	-0,16	-0,17	(-0,61)-0,23	-0,04	-0,03
C x PE365	0,25±0,22	0,26	0,26	(-0,23)-0,64	-0,03	0,14
C x PE450	0,24±0,19	0,03	0,04	(-0,32)-0,42	0,13	0,18
C x STAY	0,36±0,25	0,66	0,37	(-0,12)-0,74	-0,28	0,11
C x 3P	0,19±0,22	0,26	0,20	(-0,23)-0,60	-0,17	0,11
C x IPP	-0,20±0,28	-0,17	-0,19	(-0,72)-0,31	0,05	-0,10
O x PE365	0,08±0,21	0,06	0,08	(-0,32)-0,49	0,15	0,09
O x PE450	-0,06±0,18	-0,10	-0,06	(-0,41)-0,32	0,15	0,00
O x STAY	-0,25±0,29	-0,22	-0,26	(-0,78)-0,35	0,09	0,01
O x 3P	-0,06±0,29	0,01	-0,05	(-0,59)-0,47	-0,36	0,03
O x IPP	-0,24±0,27	-0,29	-0,25	(-0,72)-0,26	0,05	-0,04
SAC x PE365	-0,10±0,22	-0,12	-0,10	(-0,54)-0,32	0,22	0,10
SAC x PE450	-0,25±0,19	-0,22	-0,24	(-0,60)-0,11	0,31	0,03
SAC x STAY	0,66±0,31	0,94	0,75	(-0,08)-0,99	-0,35	0,20
SAC x 3P	-0,55±0,23	-0,46	-0,54	(-0,91)-(-0,07)	0,07	0,17
SAC x IPP	0,08±0,28	0,04	0,07	(-0,46)-0,63	0,03	-0,21

PE365: perímetro escrotal ajustado aos 365 dias de idade; PE450: perímetro escrotal ajustado aos 450 dias de idade; STAY: stayability; IPP: idade ao primeiro parto; 3P: probabilidade de parto precoce; M: musculatura; E: estrutura física; R: aspectos raciais; C: conformação; O: ônfalo; SAC: sacro.

Observa-se que o PE365 e PE450 mostrou maior correlação genética com a característica de escore visual de conformação (0,25 e 0,24, respectivamente). Valores semelhantes foram relatados por Boligon e Albuquerque¹⁶ (0,27). Em consonância, Faria et al.¹⁸ reportaram que o perímetro escrotal apresenta moderada correlação com a conformação.

Por outro lado, as correlações genéticas entre perímetro escrotal com M, E, O foram baixas. Em bovinos da raça Nelore Duitama et al.⁴⁶ encontram valores inferiores aos encontrados no presente estudo entre escores E, P e M e PE (-0,04; -0,05 e -0,03). De acordo com os autores, as baixas estimativas podem ser atribuídas ao menor número de animais avaliados para PE quando comparado ao número de registro de escores visuais, o que também pode ser observado no presente estudo (Tabela 2). Os resultados obtidos indicam que a maioria dos genes que influenciam o PE, não afetam os escores visuais

Faria et al.¹⁸ 0,46 e 0,50 entre escores de M, E com PE365 e de 0,59 e 0,49 entre escores de M e E com PE450, para medidas estimadas aos 22 meses de idade. Boligon e Albuquerque¹⁶ também apresentaram correlações genéticas superiores entre PE e escores de P e M (0,31 e 0,29, respectivamente). Em contrapartida, podem ser esperados menores ganhos genéticos para escores visuais, se a seleção for realizada diretamente para perímetro escrotal, considerando a eficiência relativa de seleção (tabela 5), respaldando os resultados obtidos no presente estudo.

Tabela 5 – Eficiência relativa de seleção (%) para musculatura (M), estrutura (E), aspectos raciais (R), conformação (C), ônfalo (O) e osso sacro (SAC) quando é realizado seleção direta para características de reprodução em bovinos Nelore

	M	E	R	C	O	SAC
PE365	294,39	385,81	-305,57	197,91	454,50	-409,17
PE450	1457,51	345,89	-190,22	199,48	-633,65	-163,23
STAY	-888,81	286,29	-362,06	154,71	-172,85	71,90
3P	-199,85	296,06	-329,72	249,55	-581,63	-72,17
IPP	730,50	-1321,11	-620,17	-575,63	-357,40	1186,00

PE365: perímetro escrotal ajustado aos 365 dias de idade; PE450: perímetro escrotal ajustado aos 450 dias de idade; STAY: stayability; IPP: idade ao primeiro parto; 3P: probabilidade de parto precoce; M: musculatura; E: estrutura física; R: aspectos raciais; C: conformação; O: ônfalo; SAC: sacro.

Apesar das baixas correlações genéticas entre a maioria dos escores visuais e PE, foram observadas correlações fenotípicas moderadas entre PE365 com M e correlações residuais moderadas entre PE365 com M e SAC, e PE450 com M, R e SAC. A correlação residual inclui associações decorrentes de efeitos ambientais que não são considerados no modelo estatístico e efeitos genéticos não aditivos⁴⁷. Desta forma, alterações ambientais que levem a melhorias do perímetro escrotal podem resultar em maiores escores para M, R e SAC.

Em adição, a seleção fenotípica para animais de maior musculosidade, osso sacro e melhor caracterização racial pode levar a animais de maior circunferência escrotal.

A stayability apresentou maior associação genética com os escores de conformação e osso sacro (0,36 e 0,66, respectivamente). A associação genética de moderada magnitude entre STAY com C pode ser atribuída, parcialmente, a relação que stayability tem com a precocidade sexual, indicado indiretamente pela conformação e maior musculosidade, sobretudo em fêmeas jovens, uma vez que, quanto menor a idade do primeiro parto da fêmea maior a chance de ela apresentar três partos até 76 meses de idade. Ainda assim, outros fatores, além da conformação podem estar relacionados à precocidade sexual, visto que a correlação genética entre C e 3P foi baixa.

A alta estimativa de correlação genética entre STAY e SAC pode ser atribuída ao fato de que o osso sacro é um indicador indireto da eficiência reprodutiva, por estar associado à facilidade de parto e à menor incidência de problemas reprodutivos⁴⁸, o que pode também estar relacionado à maior capacidade de permanência na fêmea no rebanho, uma vez que, não será descartada, o que pode ser atribuído ao fato da fazenda manter somente animais de melhor garupa ou osso sacro. Em consonância, a seleção direta para STAY pode resultar em maiores ganhos genéticos do que a seleção direta apenas para SAC (Tabela 5), o que pode ser atribuído a maior correlação genética entre estas características, do que outras medidas de avaliação visual. No entanto, a STAY apresentou menor associação genética com os escores de musculatura, estrutura física, aspectos raciais e ônfalo. Contudo, as estimativas obtidas indicam que animais com melhor estrutura corporal, maior conformação, precoces, ônfalo de tamanho reduzido e com melhores ossos sacros são aqueles que apresentam maior capacidade de permanecerem no rebanho e produzindo.

A probabilidade de parto precoce também apresentou correlação alta com SAC (-0,55) e moderada com M (-0,22), porém essas estimativas foram negativas. As correlações entre 3P e os demais escores visuais (E, R, C e O) foram baixas (-0,19 a -0,06). Considerando a maior correlação genética entre 3P e SAC, podem ser esperados maiores ganhos genéticos na segunda característica se a seleção for realizada diretamente para a primeira (Tabela 5). Contudo, essa resposta é negativa, assim é importante a realização de programas de seleção que incluam ambas características para que o ganho para ambas seja no sentido desejado para o sistema reprodutivo.

Trabalhando com bovinos Nelore, Brunes⁴⁹ identificou a inserção da cauda como uma característica eficaz para a discriminação de fêmeas que apresentarão prenhez precoce, sendo que os animais que apresentaram os escores mais elevados para inserção da cauda

apresentaram também uma menor idade à primeira concepção. Esse fato pode justificar a moderada correlação obtida entre 3P e SAC. A autora ainda relata que, os resultados obtidos podem ser atribuídos à associação da inserção da cauda com o escore de musculabilidade, que também é uma característica utilizada para discriminação de fêmeas precoces, sendo a inserção da cauda um ponto para identificação do grau de musculabilidade no corpo do animal, fato este que também pode ser observado a alta correlação obtida no presente estudo entre sacro e a musculatura (0,44) (Tabela 4 apresentada no capítulo 2 desta dissertação).

As correlações residuais entre 3P com M e E foram positivas e moderadas e entre 3P e O foram moderadas e negativas. Assim, a seleção fenotípica para animais com maior musculabilidade e estrutura corporal, pode resultar em animais mais precoces. Para IPP, foram observadas correlações genéticas de baixa magnitude com escores visuais, variando de -0,20 a -0,14, com exceção entre O e IPP, cujo valor foi de 0,24. Assim, são esperados menores ganhos genéticos nos escores visuais se a seleção for realizada diretamente para IPP do que para M, E, R, C, O e SAC (Tabela 5), o que pode ser atribuído à menor herdabilidade da primeira característica do que das indicadores morfológicas (Tabela 3).

De maneira geral, a baixa associação genética entre algumas características de escores visuais, com exceção para osso sacro e características indicadoras de precocidade sexual e longevidade reprodutiva podem ser atribuídas a seleção para precocidade e regularidade reprodutiva pela qual o rebanho foi submetido levando a menor variabilidade para 3P, IPP e STAY, o que pode ter influenciado as estimativas de associação genética. Isso porque o rebanho foi formado inicialmente com fêmeas de maior idade que não foram submetidas ao desafio para precocidade sexual e nem manejadas para apresentar menores IPP, de forma que a manifestação do primeiro parto pode ter sido atrasada, devido a outros fatores que não o genético, enquanto houve um descarte preciso de fêmeas com baixa regularidade reprodutiva, assim as fêmeas eram longevas, porém, tardias. Somente no ano 2018 as fêmeas começaram a ser desafiadas para precocidade sexual assim engravidavam com, em média, 23 meses e intervalo de parto curto, atendendo os critérios de stayability, porém sem serem selecionadas para 3P.

Ainda assim, Paterno et al.¹⁷ apresentam correlações genéticas positivas e favoráveis entre 3P e STAY com escores visuais de E, P e M (0,06 e 0,18; 0,52 e 0,26 e 0,44 e 0,24, respectivamente). Tramonte⁵⁰ relatou correlações genéticas de moderada magnitude entre escores visuais SAM (E, P, M) com 3P e STAY (0,22 e 0,29, respectivamente). Faria et al.¹⁸ utilizando a mesma metodologia de avaliação visual que as utilizadas neste estudo relataram correlações genéticas favoráveis de magnitude moderada a alta entre escores visuais

de M, E, C e SAC (-0,46; -0,33; -0,49 e -0,50, respectivamente), obtidos aos 22 meses de idade, com a IPP.

Contudo, Paterno et al.¹⁷, encontraram correlações negativas de baixas a altas magnitude entre escores E, P e M com IPP de -0,06; -0,47 e -0,37, respectivamente. Esses resultados e os obtidos no presente estudo indicam que a resposta a seleção para animais com maiores escores em características de longevidade e precocidade são contrastantes. Por outro lado, Boligon e Albuquerque¹⁶, observaram maiores associações genéticas entre a IPP e os escores visuais avaliados ao sobreano, em relação aos escores visuais obtidos à desmama, provavelmente porque as características ao sobreano são obtidas mais próximo da idade ao primeiro parto. Assim, a idade de avaliação também pode influenciar a associação entre escores visuais e precocidade sexual.

Considerando os resultados obtidos no presente estudo, juntamente aos encontrados na literatura, são necessários mais estudos para elucidar melhor a relação genética entre características morfológicas e de longevidade reprodutiva e precocidade sexual, visto que são poucos as pesquisas que avaliam a relação entre essas características. Além disso, estas apresentam natureza multifatorial^{32,51-52}, podendo levar a resultados contrastantes.

4. CONCLUSÃO

Características reprodutivas, como PE, STAY, 3P e IPP, apresentam variabilidade genética para obtenção de ganhos genéticos através da utilização como critérios de seleção para fertilidade e precocidade sexual nos programas de melhoramento da raça Nelore.

Correlações genéticas moderadas a altas e favoráveis foram obtidas entre E com STAY, C com PE365, PE450, STAY e IPP, O com STAY e IPP, e SAC com STAY e 3P. As estimativas de correlações genéticas, entre o escore para osso sacro e STAY, mostram que a seleção de animais de melhor garupa poderá resultar na maior capacidade de permanência da fêmea no rebanho. A identificação de animais com melhor osso sacro também pode ser uma característica eficiente na identificação para prenhez precoce, e juntamente ao escore de musculatura poderão ser relacionados a animais com menor idade ao primeiro parto. A seleção fenotípica para animais com maior musculabilidade e estrutura corporal, pode resultar em animais mais precoces.

5. REFERÊNCIAS

1. ANCP- Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores. Características avaliadas [acesso em 14 dez 2020]. Disponível em: <https://www.ancp.org.br/programas/conceitos-basicos/caracteristicas-avaliadas/>.
2. Gordo DGM, Espigolan R, Tonussi RL, Júnior GAF, Bresolin T, Magalhães AFB, et al. Genetic parameter estimates for carcass traits and visual scores including or not genomic information. *J Anim Sci*. 2016 May 1;94(5):1821–6. DOI: 10.2527/jas.2015-0134.
3. Azevedo Junior J, Petrini J, Mourão GB, Ferraz JBS. Categorical Visual Score Traits of a Nelore Beef Cattle Population. *J Agric Sci*. 2017;9(8):63. DOI: 10.5539/jas.v9n8p63.
4. Paterno FM, Buzanskas ME, Koury Filho W, Lôbo RB, Queiroz SA. Evaluation of body weight and visual scores for genetic improvement of Nelore cattle. *Trop Anim Health Prod*. 2017;49(3):467–73. DOI: 10.1007/s11250-016-1215-2.
5. da Silveira DD, de Vargas L, Pereira RJ, Campos GS, Vaz RZ, Lôbo RB, et al. Quantitative study of genetic gain for growth, carcass, and morphological traits of Nelore cattle. Plaizier J, editor. *Can J Anim Sci*. 2019 Jun 1;99(2):296–306. DOI: 10.1139/cjas-2018-0078.
6. Buzanskas ME, Pires PS, Chud TCS, Bernardes PA, Rola LD, Savegnago RP, et al. Parameter estimates for reproductive and carcass traits in Nelore beef cattle. *Theriogenology*. 2017;92:204–9. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2016.09.057.
7. Kluskaa S, Olivieria BF, Bonamy M, Chiaiaa HLJ, Feitosaa FLB, Bertona MP, et al. Estimates of genetic parameters for growth, reproductive, and carcass traits in Nelore cattle using the single step genomic BLUP procedure. *Livest Sci*. 2018;216:203–9. DOI: 10.1016/j.livsci.2018.08.015.
8. Schmidt PI, Campos GS, Lôbo RB, Souza FRP, Brauner CC, Boligon AA. Genetic analysis of age at first calving, accumulated productivity, stayability and mature weight of Nelore females. *Theriogenology*. 2018;108:81–7. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2017.11.035.
9. Costa E V., Ventura HT, Veroneze R, Silva FF, Pereira MA, Lopes PS. Estimated genetic associations among reproductive traits in Nelore cattle using Bayesian analysis. *Anim Reprod Sci*. 2020;214:106305. DOI:10.1016/j.anireprosci.2020.106305.
10. Brunas LC, Baldi F, E Costa MFO, Lobo RB, Lopes FB, Magnabosco CU. Genetic-quantitative analysis for reproductive traits in Nelore cattle selected for sexual precocity. *Anim Prod Sci*. 2020;60(7):896–902. DOI: 10.1071/AN19120.
11. Mello RRC; Ferreira JE; Sousa SLG de; Mello MRB de; Palhano HB. Parâmetros genéticos de características reprodutivas em bovinos de corte e leite. *R bras Reprod Anim*. 2016;40(2):65–72.

12. Silveira T da S, Siqueira JB, Guimarães SEF, Paula TAR de, Miranda Neto T, Guimarães JD. Maturação sexual e parâmetros reprodutivos em touros da raça Nelore criados em sistema extensivo. *Rev Bras.* 2010 Mar;39(3):503–11. DOI: 10.1590/S1516-35982010000300008.
13. Forni S, Albuquerque LG de. Avaliação de fatores de ambiente e estimativas de parâmetros genéticos para a característica dias para o parto na raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2006 Aug;35(4):1329–35. DOI: 10.1590/S1516-35982006000500011.
14. Claus LAM, Koetz Júnior C, Roso VM, Borges MHF, Barcellos JOJ, Ribeiro EL de A. Genetic parameters of age at first calving, weight gain, and visual scores in Nelore heifers. *Rev Bras Zootec.* 2017 Apr;46(4):303–8. DOI: 10.1590/s1806-92902017000400005.
15. Raidan FSS, Tineo JSA, de Moraes MM, Escarce TC, de Araújo AEM, Gomes MM de C, et al. Associations among growth, scrotal circumference, and visual score of beef cattle in performance tests on pasture or in feedlots. *Rev Bras Zootec.* 2017;46(4):309–16. DOI: 10.1590/s1806-92902017000400006.
16. Boligon AA, Albuquerque LG de. Correlações genéticas entre escores visuais e características reprodutivas em bovinos Nelore usando inferência bayesiana. *Pesqui Agropecuária Bras.* 2010 Dec;45(12):1412–8. DOI: 10.1590/S0100-204X2010001200011.
17. Paterno FM, Buzanskas ME, Koury filho W, Lôbo RB, Queiroz SA. Genetic analysis of visual assessment and body weight traits and their relationships with reproductive traits in Nelore cattle. *J Agric Sci.* 2017;31;155(4):679–87. DOI: 10.1017/S0021859617000028.
18. de Faria CU, Magnabosco CU, Albuquerque LG, de los Reyes A, Bezerra LAF, Lôbo RB. Análise bayesiana na estimação de correlações genéticas entre escores visuais e características reprodutivas de bovinos Nelore utilizando modelos linear-limiar. *Arq Bras Med Vet e Zootec.* 2009;61(4):949–58. DOI: 10.1590/S0102-09352009000400025.
19. Misztal I, Tsuruta S, Lourenco DAL, Aguilar I, Legarra A, Vitezica Z. Manual for BLUPF90 family of programs. Athens: University of Georgia; 2019. 125 p.
20. Lobo RB. Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore. Ribeirão Preto: ANCP; 1996. 46 p.
21. de Faria CU, Magnabosco CU, de Albuquerque LG, los Reyes A, Bezerra LAF, Lôbo RB. Estimativas de correlações genéticas entre escores visuais e características de crescimento em bovinos da raça Nelore utilizando modelos bayesianos linear-limiar. *Ciência Anim Bras.* 2009;9(2):327–40.
22. R Core Team 2019. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2019. p. <<http://www.R-project.org>.
23. Tsuruta S, Misztal I. THRGIBBS1F90 for estimation of variance components with

- threshold-linear model. In: 8° World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Belo Horizonte: WGGALP; 2006.
24. Lee D, Misztal I, Bertrand JK, Rekaya R. National evaluation for calving ease, gestation length and birth weight by linear and threshold model methodologies. *J Appl Genet.* 2002;43:209–16.
 25. Sorensen D, Gianola D. *Likelihood, Bayesian, and MCMC Methods in Quantitative Genetics.* New York: Springer; 2002.
 26. Gianola D, Foulley JL. Sire evaluation for ordered categorical data with a threshold model. *Genet Sel Evol.* 1983;15:201–24. DOI: 10.1186/1297-9686-15-2-201.
 27. Van Tassel CP, Van Vleck LD, Gregory KE. Bayesian analysis of twinning and ovulation rates using a multiple: trait threshold model and gibbs sampling. *J Anim Sci.* 1998;76:2048–61. DOI: 10.2527/1998.7682048x.
 28. Van Tassel CP, Van Vleck LD. Multiple-trait Gibbs sampler for animal models; flexible programs for Bayesian and likelihood-based (co) variance components inference. *J Anim Sci.* 1996;74:2586–97. DOI: 10.2527/1996.74112586x.
 29. Geweke J. Evaluating the Accuracy of Sampling-Based Approaches to the Calculation of Posterior Moments. In: Bernardo JM, Berger JO, Dawid AP, Smith AFM, editors. *Bayesian Statistics 4.* New York: Oxford University Press; 1992. p. 625–31.
 30. Smith BJ. BOA: an R package for MCMC output convergence assessment and posterior inference. *J Stat Softw.* 1997;21:2–37.
 31. Lopes FB. easyGEN. 2019. Disponível em: <https://github.com/camult/easyGEN>.
 32. Falconer DS, Mackay TFCC. *Introduction to Quantitative Genetics.* 4th ed. Edinburgh: Pearson Prentice Hall; 1996. 464 p.
 33. Silva T de L, Carneiro PLS, Ambrosini DP, Lôbo RB, Filho RM, Malhado CHM. Genotype-environment interaction in the genetic variability analysis of reproductive traits in Nelore cattle. *Livest Sci.* 2019;230(May):103825. DOI: 10.1016/j.livsci.2019.103825.
 34. Moreira HL, Buzanskas ME, Munari DP, Canova ÉB, Lôbo RB, Paz CCP de. Reproductive traits selection in nelore beef cattle. *Ciência e Agrotecnologia.* 2015 Aug;39(4):355–62.
 35. Pereira E, Eler JP, Ferraz JBS. Análise genética de características reprodutivas na raça Nelore. *Pesqui Agropecuária Bras.* 2002 May;37(5):703–8. DOI: 10.1590/S0100-204X2002000500016.
 36. Rizzo ECA, Neto FRA, Diaz IDPS, Dias MM, Costa RB, Ventura HT, et al. Genetic association of productive and reproductive traits with stayability in nelore cattle: Analysis using Bayesian models. *Genet Mol Res.* 2015;14(4):14956–66. DOI: 10.4238/2015.November.24.3.

37. Queiroz SA de, Figueiredo G, Silva JAI de V, Espasandin AC, Meirelles SL, Oliveira JA de. Estimativa de parâmetros genéticos da habilidade de permanência aos 48, 60 e 72 meses de idade em vacas da raça Caracu. *Rev Bras Zootec.* 2007 Oct;36(5):1316–23. DOI: 10.1590/S1516-35982007000600013.
38. Lôbo RB.; Bezerra LAF, Faria CU, Vozzi PA, Magnabosco CU, Bergmann JAG, Oliveira HN, Castro LM, Pereira ASC, Aguilar I, Baldi F. Sumário de Touros das Raças Nelore, Guzerá, Brahman e Tabapuã. : Edição Maio de 2020. Ribeirão Preto, ANCP. 2020. p. 92.
39. Tanaka ALR, Neves HHR, Oliveira JA, Carvalheiro R, Queiroz SA. Índice de seleção bioeconômico para fêmeas de corte da raça Nelore. *Arch Zootec.* 2012 Dec;61(236):537–48. DOI: 10.4321/S0004-05922012000400006.
40. Terakado APN, Boligon AA, Baldi F, Silva JAI V., Albuquerque LG. Genetic associations between scrotal circumference and female reproductive traits in Nelore cattle. *J Anim Sci.* 2015 Jun 1;93(6):2706–13. DOI: 10.2527/jas.2014-8817.
41. Heise J, Stock KF, Reinhardt F, Ha N-T, Simianer H. Phenotypic and genetic relationships between age at first calving, its component traits, and survival of heifers up to second calving. *J Dairy Sci.* 2018 Jan;101(1):425–32. DOI: 10.3168/jds.2017-12957. Epub 2017 Nov 8.
42. Forni S, Federici J de F, Albuquerque LG de. Tendências genéticas para escores visuais de conformação, precocidade e musculatura à desmama de bovinos Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2007;36(3):572–7. DOI: 10.1590/S1516-35982007000300008.
43. de Faria CU de, Magnabosco CU de, Albuquerque LG de, Framartino Bezerra LA, Lôbo RB. Avaliação genética de características de escores visuais de bovinos da raça Nelore da desmama até a maturidade. *Rev Bras Zootec.* 2009;38(7):1191–200. DOI: 10.1590/S1516-35982009000700005.
44. Yokoo MJT, Werneck JN, Pereira MC, Albulquerque LGC de, Koury Filho W, Sainz RD, et al. Correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassom em bovinos de corte. *Pesq agropec bras.* 2009;44(2):197–202. DOI: 10.1590/S0100-204X2009000200012.
45. Sima PS. Modelos estatísticos para análise genética de escores visuais em bovinos de corte.[Tese]. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais: Escola de Veterinária; 2015.
46. Duitama LO, da Fonseca R, Bertipaglia T, Machado CH, Soares Filho C V. Estimativa de parâmetros genéticos para escores visuais e características de desenvolvimento ponderal na raça Nelore. *Arq Bras Med Vet e Zootec.* 2015;67(4):1111–8. DOI: 10.1590/1678-4162-6874.
47. Kruuk LEB, Clutton-Brock TH, Slate J, Pemberton JM, Brotherstone S, Guinness FE. Heritability of fitness in a wild mammal population. *Proc Natl Acad Sci [Internet].* 2000 Jan 18;97(2):698–703.

48. Cavalcanti JR. Osso sacro: sua anatomia está relacionada à facilidade de partos. IRCA – O Nelore Carne.[aceeso em: 20 dez 2020]. 2010. Disponível em: <http://sites.beefpoint.com.br/neloreirca/osso-sacro-sua-anatomia-esta-relacionada-a-facilidade-de-partos-irca-o-nelore>.
49. Brunes LC. Estudo genético-quantitativo de características de crescimento, reprodução, carcaça e escores visuais em um rebanho nelore sob seleção para precocidade sexual. [Dissertação].Goiânia. Universidade Federal de Goiás: Escola de Veterinaria e Zootecnia (EVZ); 2017.
50. Tramonte NC. Relações genéticas entre índices de biotipo animal e características de importância econômica em bovinos Nelore. [Dissertação]. Jaboticabal:Universidade Estadual de São Paulo, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias;2018.
51. Ferreira, JW. Avaliação Genética de Animais para Características Categóricas – Uma Revisão. Arq Ciênc Vet Zool. 2008;11:121–8.
52. Duarte MR, Campos BM, Malhado CHM, Martins Filho R, Silva FF e, Rezende MPG de C pls. Modelo linear, de limiar e de censura para avaliação de características reprodutivas de bovinos Nelore mocho. Livest Res Rural Dev. 2019;31(11):1–13.

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os escores visuais podem contribuir para pecuária de corte ao serem utilizadas como critérios adicionais de seleção. Essas características vêm sendo utilizadas como ferramentas auxiliares às características consagradas nos programas de melhoramento genético animal, para tomada de decisão prática nos sistemas de produção, levando a identificação de indivíduos que possuem características como maior deposição de massa muscular, precocidade de acabamento e sexual, melhores estruturas físicas para sustentação dos membros, melhor padrão racial, prepúcio adequado para sistemas de produção á campo. Além disso, existem outras vantagens, como maior quantidade de animais avaliados, por ser uma técnica menos evasiva causando menos estresse nos animais, tornando o processo mais ágil e com menor custo implementação. Apesar dessas vantagens e de essas características apresentarem variabilidade genética, são escassos os estudos que elucidem a relação de características morfológicas com outras características de importância econômica.

A partir das estimativas de herdabilidade obtidas para características avaliadas visualmente, características de crescimento, carcaça e reprodutivas, as mesmas apresentam variabilidade genética suficiente para serem utilizadas nos programas de melhoramento genético animal levando a respostas favoráveis em curtos períodos de tempo. Os resultados obtidos também mostraram que os escores visuais são indicadores de características como ganho em peso, fertilidade, precocidade e longevidade produtiva, no entanto foi observada baixa associação com características de carcaça, fato que pode ser confirmado devido as baixas estimativas de correlações genéticas entre as mesmas.

É importante ressaltar que na avaliação visual deve-se buscar um equilíbrio entre animais de melhores aspectos morfológicos, produtivos e reprodutivos, evitando o descarte errôneo de animais de desempenho superior. Além disso, a utilização dos escores visuais como ferramentas auxiliares pode ser bastante vantajoso uma vez que possibilita a seleção de animais ainda jovens o que pode auxiliar em medidas reprodutivas avaliadas de forma tardia como o PE450 e a stayability, o que levaria a redução dos custos de avaliações e aumentaria a rentabilidade dos sistemas de produção. Fato que podem ser confirmados nas estimativas de correlações genéticas obtidas no presente estudo, principalmente, entre o escore para osso sacro e STAY, mostrando que a seleção de animais de melhor garupa poderá resultar na maior capacidade de permanência da fêmea no rebanho, uma vez que, não será descartada por problemas reprodutivos.

Outro ponto a ser destacado é que características avaliadas visualmente estão sujeitas a subjetividade do avaliador, além de serem bastante influenciadas pelo ambiente, principalmente no que se refere a alimentação e aos efeitos genéticos não aditivos. Diante disso, é importante que as metodologias de avaliação visual sigam um padrão no momento da coleta de dados, como: avaliações realizadas dentro de grupos de contemporâneos, com animais de mesma idade e sexo; entre outros. A devida atenção a estes itens contribuem de maneira significativa na avaliação de um melhor tipo morfológico individual, tornando mais acurada a atribuição das notas.

ANEXO A - Parecer de aprovação do Projeto pelo Comitê de Ética da UFG - CEUA



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRO-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS/CEUA



Goiânia, 07 de dezembro de 2020.

PARECER CONSUBSTANCIADO REFERENTE AO PROJETO DE PESQUISA DO PROTOCOLO N. 089/20

I - Finalidade do projeto de pesquisa: Pesquisa – Mestrado

II - Identificação:

- Data de apresentação a CEUA:** 11/11/2020
- Título do projeto:** Estudo genético quantitativo de características morfológicas e sua associação com desempenho produtivo, reprodutivo e carcaça em bovinos nelore
- Pesquisador Coordenador no SIGAA/ Unidade:** Cláudio Uihôa Magnabosco/EVZ
- Pesquisador Responsável/ Unidade:** Byanka Bueno Soares
- Pesquisadores Participantes/ Unidade:** Adriano Santana Cruzara/EVZ
- Médico Veterinário/CRMV:** Marcos Fernando Oliveira e Costa/3035
- Unidade onde será realizada a pesquisa:** Fazenda HoRa Hófig Ramos/Nossa Senhora de Fátima, localizada no município de Brasilândia, situada no Estado de Mato Grosso do Sul.

III - Objetivos e justificativa do projeto:

Os sistemas de produção de bovinos de corte exigem constantemente a busca por novas tecnologias capazes de aumentar a rentabilidade da atividade e torna-la mais competitiva. Sendo assim, umas das ferramentas mais importantes e utilizadas pelos produtores é a avaliação genética, que permite identificar e selecionar animais geneticamente superiores, selecionando-os pela da frequência de genes desejáveis pela expressão de características de interesse econômico dentro do sistema de produção.

A escolha de animais superiores ao longo das gerações requer o uso estratégico de ferramentas que auxiliam no melhoramento genético, como o método de seleção, seja ela feita com o intuito de obter animais com maior ganho de peso, que expressem precocidade reprodutiva ou com melhor qualidade de carcaça, o foco da seleção é selecionar os melhores animais dentro do rebanho avaliado. Atualmente os programas de melhoramento genético além de selecionar os animais que apresentem maior desempenho de crescimento, reprodução e melhor carcaça, estão selecionando animais de acordo com o tipo e conformação. Incorporar a avaliação de escores visuais como método de seleção é tão importante quanto à seleção para peso, reprodução e carcaça. Sendo assim, o objetivo básico e diferencial das características envolvidas na avaliação visual de diferentes tipos morfológicos é identificar animais que, nas condições viáveis de criação e em consonância com o mercado consumidor, cumpram seu objetivo eficientemente em menor tempo.

Porém, para uso de escores visuais como método de seleção, é necessário que a metodologia de avaliação seja aplicada corretamente e de forma acurada. Com isso, o aperfeiçoamento de métodos para estimação dos componentes de variância tem sido uma constante no âmbito da pesquisa, uma vez que os métodos utilizados para avaliações dos valores genéticos individuais para diversas características de interesse

Comissão de Ética no Uso de Animais/CEUA

Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação/PRPI-UFG, Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, 1º andar, Prédio da Agência de Inovação, Parque Tecnológico, sala da CEUA, Campus Samambaia – Goiânia-GO, Fone: (55-62) 3521-1876.

Email: ceua.ufg@gmail.com



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS/CEUA



econômico utilizam-se dessas estimativas. Dessa forma, os componentes de variância precisam ser estimados corretamente para que os valores genéticos obtidos expressem valores reais e estes possam ser utilizados com o instrumento eficaz na obtenção do progresso genético do rebanho.

Neste contexto, com o avanço dos métodos estatísticos juntamente com os recursos computacionais, as técnicas utilizadas no melhoramento animal têm crescido consideravelmente, possibilitando a exploração das diferenças genéticas existentes entre raças e linhagens, com isso a inferência bayesiana é uma das alternativas para solucionar problemas relacionados à avaliação genética de dados categóricos, dados estes que não apresentam uma distribuição normal. Sendo assim, aplicação de modelos bayesianos de limiar, na avaliação genética de características categóricas poderá promover uma melhor identificação de genótipos superiores.

Outro fator de grande relevância que contribui para o aumento da eficiência do rebanho que deve ser levado em consideração no processo de seleção de animais melhoradores, é a utilização de todas as informações disponíveis, modelos matemáticos e metodologias mais precisas na avaliação genética dos animais.

O modelo matemático single-step genomic BLUP-ssGBLUP tem se mostrado bastante eficiente na obtenção de estimativas dos parâmetros genéticos, pois o mesmo combina o relacionamento baseado no parentesco tradicional (A) e na matriz de parentesco genômico (G), em uma única matriz chamada H integrando informações genômicas, fenotípicas e de pedigree em um único passo, assim permitindo o uso de todos os animais na avaliação genética, independente de possuírem genótipos ou fenótipos.

Dessa forma, as estimativas de correlações genéticas entre características morfológicas, crescimento, reprodução e carcaça, irão contribuir para o desempenho produtivo e reprodutivo de bovinos da raça Nelore e, conseqüentemente, permitir determinar a melhor forma de inclusão destas características visuais em programas de melhoramento genético, com intuito de obter progresso genético para um biótipo desejável, por meio da seleção.

Objetivos: Objetivo geral: Estimar os parâmetros genéticos e correlações entre avaliação visual “biótipo” de bovinos da raça Nelore e características de crescimento, reprodução e carcaça através do método ssGBLUP, utilizando inferência bayesiana.

Objetivos específicos: □ Estimar os parâmetros genéticos (componentes de variância e herdabilidade) para escores visuais de musculosidade, estrutura física, aspectos raciais, conformação, infalo, aspectos sexuais, pigmentação e sacro em bovinos da raça Nelore, pelo método ssGBLUP com abordagem bayesiana;

□ Estimar as correlações genéticas e residuais entre os escores visuais para musculosidade, estrutura física, aspectos raciais, conformação, infalo, aspectos sexuais e sacro, peso ao nascimento (PN) peso aos 120 dias de idade (P120), peso aos 210 dias de idade (P210), peso aos 365 dias de idade (P365), peso aos 450 dias de idade (P450); □ Estimar as correlações genéticas e residuais entre os escores visuais para musculosidade, estrutura física, aspectos raciais, conformação, infalo, aspectos sexuais e sacro, com características de reprodução: perímetro escrotal (PE) aos 365 (PE365) e aos 450 (PE450) dias de idade; □ Estimar as correlações genéticas e residuais entre os escores visuais para musculosidade, estrutura física, aspectos raciais, conformação, infalo, aspectos sexuais e sacro, com características de carcaça: área de olho de lombo (AOL) espessura de gordura subcutânea (EG), espessura de gordura subcutânea na ganupa (EGP8); □ Avaliar a influência de características de avaliação visual sobre o desempenho produtivo, reprodutivo e carcaça em bovinos da raça Nelore

Comissão de Ética no Uso de Animais/CEUA

Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação/PRPI-UFPA, Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, 1º andar, Prédio da Agência de Inovação, Parque Tecnológico, sala da CEUA, Campus Samaritânia – Goiânia-GO, Fone: (55-62) 3521-1876.

Email: ceua.ufpa@gmail.com



IV - Sumário do projeto:

- Discussão sobre a possibilidade de métodos alternativos e necessidade do número de animais:** não há possibilidade de métodos alternativos
- Prevê Projeto Piloto:** não
- Descrição do animal utilizado (Explicitar: espécie/ linhagem/ sexo (informar número por sexo)/ peso e/ou idade etc):** Bovinos, Nelore, machos e fêmeas, 10 a 24 meses e 220 a 450 kg
- Espécie animal utilizada/ número total de animais/ Número de animais por tratamento ou grupo experimental:** Bovinos, 2000 animais
- Fonte de obtenção do animal:** Fazenda HoRa Höfig Ramos/Nossa Senhora de Fátima, localizada no município de Brasilândia, situada no Estado de Mato Grosso do Sul
- Descrição das instalações utilizadas e número de animais/área/qualidade do ambiente (ar, temperatura, umidade), alimentação/hidratação:** Os animais avaliados vivem em sistema extensivo sob pastagens, além disso recebem uma suplementação mineral via cocho, água limpa ad libitum, com lavagem de bebedouros a cada 05 dias
- Utilização de agente infeccioso/gravidade da infecção a ser observada e análise dos riscos aos pesquisadores/alunos:** não

Procedimentos experimentais do projeto de pesquisa:

Os programas de melhoramento genético além de selecionar indivíduos através do desempenho de crescimento, reprodução e carcaça, estão incorporando avaliações visuais de tipo e conformação com o intuito de satisfazer as demandas mercadológicas, outro fator de grande relevância que deve ser considerado no momento da seleção, é a utilização de modelos matemáticos e metodologias mais acuradas na avaliação genética desses animais, assim o modelo matemático single-step genomic-ssGBLUP tem se mostrado bastante eficiente na obtenção de estimativas de parâmetros genéticos. Com isso objetiva-se estimar os parâmetros genéticos e correlações entre avaliação visual “biótipo” pelo método de MERCOS, juntamente com a avaliação de pigmentação e sacro de bovinos da raça Nelore e características de crescimento, reprodução, e carcaça através do método ssGBLUP utilizando metodologia de análise bayesiana, entre os anos de 2021-2023 de uma propriedade, localizada no estado de MS. Os dados serão submetidos a uma análise de consistência e qualidade utilizando o programa estatístico R. Os componentes de (co)variância e parâmetros genéticos serão estimados pelo modelo animal, utilizando o método ssGBLU sob abordagem bayesiana, em análises uni e bicaracterísticas. As características de pesos, reprodução e carcaça serão avaliadas em um modelo linear, enquanto as características de escores visuais e a combinação entre as características serão avaliadas pelo modelo (“threshold”). As estimativas dos parâmetros genéticos serão obtidas como a média a posteriori dos respectivos componentes de variância, com a utilização do aplicativo POSTGIBBSF90. Espera-se com este estudo a obtenção parâmetros genéticos, incluindo estimativas de herdabilidade e correlações genéticas das características visuais com características de crescimento, reprodução e carcaça, permitindo identificar a melhor forma de inclusão das mesmas em programas de melhoramento genético, com intuito de obtenção do progresso genético.

Grau de invasividade: G11

Comissão de Ética no Uso de Animais/CEUA

Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação/PRPI-UFG, Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, 1º andar, Prédio da Agência de Inovação, Parque Tecnológico, sala da CEUA, Campus Samambaia – Goiânia-GO, Fone: (55-62) 3521-1876.

Email: ceua.ufg@gmail.com



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRO-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS/CEUA



- Material foi obtido ou será utilizado em outros projetos (informar protocolo CEUA quando houver):** não
- Métodos utilizados para minimizar o sofrimento e aumentar o bem-estar dos animais antes, durante e após a pesquisa (Pontos Finais Humanitários):** Quando os animais forem ao curral de manejo: o curral é construído visando o bem-estar animal, o manejo será feito de maneira racional, não utilizando choques, objetos pontiagudos ou agressão ao animal. O animal terá fácil acesso ao cocho e ao bebedouro, além de espaço suficiente de sombreamento. Quanto menor a influência humana, mais precisa será a resposta a pesquisa, pois a avaliação destes animais é feita de forma visual, não necessitando o contato físico com os mesmos.
- Método de eutanásia:** não se aplica
- Destino do animal:** continuarão na Fazenda

V – Comentários do relator frente às orientações da CEUA:

- Quanto aos documentos exigidos pela CEUA/UFG:** os documentos foram corretamente apresentados junto a CEUA.
- Quanto aos cuidados e manejo dos animais e riscos aos pesquisadores:** os pesquisadores descreveram todo o manejo e cuidado com os animais. Os riscos foram apresentados, bem como, as formas de prevenção.

VI - Parecer da CEUA:

De acordo com a documentação apresentada à CEUA, o projeto foi considerado **APROVADO** pela *Comissão de Ética no Uso de Animais/CEUA* da Universidade Federal de Goiás.

Reiteramos a importância deste Parecer Consubstanciado, e lembramos que o(a) pesquisador(a) responsável deverá encaminhar à CEUA-PRPI-UFG o Relatório Final baseado na conclusão do estudo e na incidência de publicações decorrentes deste, de acordo com o disposto na Lei nº. 11.794 de 08/10/2008, e Resolução Normativa nº. 01, de 09/07/2010 do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal-CONCEA. O prazo para entrega do Relatório é de até 30 dias após o encerramento da pesquisa, prevista para conclusão em **28/02/2023**.

VII - Data da reunião: 07/12/20.

Comissão de Ética no Uso de Animais/CEUA

Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação/PRPI-UFG, Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, 1º andar, Prédio da Agência de Inovação, Parque Tecnológico, sala da CEUA, Campus Samambaia – Goiânia-GO, Fone: (55-62) 3521-1876.

Email: ceua.ufg@gmail.com



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS/CEUA



CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada **“Estudo genético quantitativo de características morfológicas e sua associação com desempenho produtivo, reprodutivo e carcaça em bovinos nelore”**, registrada com o protocolo nº **089/20**, sob a responsabilidade de **Cláudio Ulhôa Magnabosco** e **Byanka Bueno Soares** que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) da Universidade Federal de Goiás (UFG), em reunião de **07/12/2020**.

- Finalidade: Ensino Pesquisa Científica
- Vigência da autorização (início e fim): 28/02/2021 a 28/02/2023
- Espécie/linhagem/raça: Bovinos, Nelore
- Nº de animais autorizados: 2000
- Peso/Idade: 10-24 meses, 220-450 kg
- Sexo: machos e fêmeas
- Origem (fornecedor): Fazenda HoRaHófigRamos/Nossa Senhora de Fátima, Rodovia ms395, Km 110 Brasília/MS

Dra. Marina Pacheco Miguel
Coordenadora da CEUA/PRPI/UFV

Comissão de Ética no Uso de Animais/CEUA

Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação/PRPI-UFV, Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, 1º andar, Prédio da Agência de Inovação, Parque Tecnológico, sala da CEUA, Campus Samambaia – Goiânia-GO, Fone: (55-62) 3521-1876.

Email: ceua.ufv@gmail.com