









Associação de escores visuais com características reprodutivas em bovinos Nelore utilizando Inferência Bayesiana

Association of visual scores with reproductive traits in Nelore cattle using Bayesian Inference

Byanka Bueno Soares¹ , Ludmilla Costa Brunes² , Fernando Sebastian Baldi³ , Adriana Santana do Carmo¹ , Marcelo Gonçalves Narciso⁴ , Valentina Sanches Magnabosco⁵ , Roberto Daniel Sainz^{1,6} , Cláudio Ulhoa Magnabosco² 

¹ Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás, Brasil.

² Embrapa Cerrados, Planaltina, Brasília, Distrito Federal (DF), Brasil.

³ Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, SP, Brasil.

⁴ Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, Goiás, Brasil.

⁵ Centro Universitário Barão de Mauá, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil

⁶ University of California System, Davis, California, USA

*Autor correspondente: byankabueno.zootecnista@hotmail.com

Resumo

A utilização de características morfológicas de bovinos, pelo uso de escores visuais como critério de seleção indireta tem como vantagem a avaliação em animais jovens quanto ao potencial desempenho produtivo e reprodutivo, antecipando a tomada de decisão em comparação a medidas tomadas de forma tardia, como perímetro escrotal aos 450 dias (PE450) e stayability (STAY). Objetivou-se estimar os parâmetros genéticos para características de escores visuais e a associação dessas com características reprodutivas, perímetro escrotal aos 365 (PE365) dias de idade, PE450, STAY, probabilidade de parto precoce (3P) e idade ao primeiro parto (IPP) em bovinos Nelore. Foram utilizadas informações de escores visuais e de reprodução de 4.175 e 3.075 bovinos, respectivamente, com idade média de 22 meses, pertencentes a fazenda HoRa Genética Provada. As características morfológicas foram avaliadas pela metodologia MERCOS. As estimativas de herdabilidade obtidas apresentam grande amplitude, variando de 0,15 a 0,28 para escores visuais e 0,10 a 0,54 para características reprodutivas. As correlações genéticas entre característica de escores visuais e reprodução foram, de maneira geral baixas (0.03-0.66), com exceção entre a musculosidade e 3P, estrutura e STAY, racial e PE450, conformação com PE365, PE450, STAY e IPP, ônfalo com STAY e IPP, e sacro com PE365, STAY e IPP, que foram moderadas a altas. A identificação de animais com melhor osso sacro (mesmo nível das ancas), ou seja, não saliente ou inclinado 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.

Palavras-chave: associação genética; características morfológicas; precocidade sexual; stayability; zebuínos.

Abstract

The use of morphological traits assessed using visual scores as indirect selection criteria in cattle has the advantage of evaluating young animals regarding potential productive and reproductive performance. This enables breeders to make earlier decisions compared to later measurements, such as scrotal circumference at 450 days (SC450) and stayability (STAY). The aim of this study was to estimate the genetic parameters for visual score traits and their associations with reproductive traits: scrotal circumference at 365 days of age (SC365), SC450, STAY, probability of precocious calving (PPC30) and age at first calving (AFC) in Nelore cattle. Visual score data from 4,175 Nelore cattle, with an average age of 22 months, and reproductive data from 3,075 cattle belonging to the HoRa Genetics Provada herd were used. The morphological traits were evaluated by the MERCOS methodology. The heritability estimates obtained ranged from 0.15 to 0.28 for visual scores and 0.10 to 0.54 for reproductive traits. Genetic correlations between visual scores and reproductive traits were generally low, except between: muscularity and PPC30; structure and STAY; racial and SC450; conformation and SC365, SC450, STAY, and AFC; navel and STAY and AFC; and sacrum and SC365, STAY, and AFC, which were moderate to high. The identification of animals with flat sacral bone (not protruding or sloping) can also be an efficient characteristic in the identification for early pregnancy, and together with the musculature score, they can be related to animals with lower age at the first calving.

Keywords: beef cattle; genetic association; morphological traits; sexual precocity; stayability.

Recebido: 23 de janeiro de 2022. Aceito: 6 de março de 2022. Publicado: 24 de março de 2023.



Este é um artigo de Acesso Aberto distribuído sob os termos da Creative Commons Attribution License, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.

<https://revistas.ufg.br/vet/index>

1. Introdução

Nos últimos anos, os programas de melhoramento genético animal vêm avaliando e classificando os animais por índices compostos por características reprodutivas e de crescimento, aliadas a animais de melhor tipo morfológico⁽¹⁾. Nesse sentido, características morfológicas são utilizadas como instrumento complementar para outras características de importância econômica, uma vez que permitem a identificação precoce de animais que apresentem algum tipo de defeito que possa comprometer o sistema de produção.

Nesse contexto, a seleção baseada em características morfológicas como os escores visuais podem auxiliar em mudanças genéticas efetivas no rebanho de bovinos de corte, visto que as estimativas de herdabilidade obtidas para as características avaliadas variam de baixa a alta magnitude^{(2),(3),(4),(5),(6),(7),(8)}. Além disso, a utilização de escores visuais permite que um amplo número de animais seja avaliado, sendo menos invasiva em comparação a mensurações objetivas, permitindo a seleção de animais mais equilibrados com o ambiente em que estão sendo criados. Por exemplo, os criadores tem a possibilidade de evitar a seleção de animais de maior tamanho corporal e com musculatura pouco desenvolvida em detrimento daqueles com porte médio e musculatura bem desenvolvida^{(9),(10),(4),(5),(11)}.

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)^{(12),(13),(14),(11),(15)}.

Rebanhos detentores de índices elevados para características reprodutivas, possuem maior intensidade de seleção e, conseqüentemente, progresso genético mais elevado e maior lucratividade⁽¹⁶⁾. Em consonância, a melhoria dos índices de precocidade sexual possibilita a redução do tempo ocioso dos animais e o aumento do número de bezerros produzidos ao longo da vida útil da vaca. Já características como STAY, indicadora da longevidade reprodutiva, possibilitam a ampliação do descarte voluntário e diminuição dos custos com alimentação com fêmeas improdutivas^{(17),(18),(14),(16)}.

A avaliação por meio de escores visuais possibilita a seleção indireta de animais ainda jovens, o que pode auxiliar na avaliação de medidas reprodutivas avaliadas de forma tardia como o PE450 e a STAY⁽¹⁹⁾, levando a redução dos custos de avaliações e aumento na rentabilidade dos sistemas de produção⁽²⁰⁾. De fato, Boligon e Albuquerque e Paterno et al. 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 e indiretamente poderá levar a redução na IPP de novilhas. Dessa forma, o conhecimento da inter-relação existente entre características visuais e indicadores de fertilidade e precocidade sexual permitiria prever potenciais impactos que a inclusão de escores visuais nos índices de seleção de bovinos Nelore traria na eficiência reprodutiva. Visto que, até o atual momento não foi encontrado relatos incluindo ambas características em estudos anteriores. Uma vez que, os escores visuais são utilizados com maior frequência em propriedades que não selecionam os animais por meio de medidas objetivas ou usados como ferramentas adicionais/auxiliares de seleção ou para descarte de animais.

Contudo, para seleção simultânea de características reprodutivas e escores visuais como critério de seleção, seja por meio de índices ou não, é importante conhecer as correlações genéticas e possíveis respostas correlacionadas. Diante do exposto, objetivou-se, com este estudo, estimar os parâmetros genéticos pelo uso de inferência Bayesiana, para características de escores visuais e a associação dessas com características reprodutivas em bovinos Nelore.

2. Material e métodos

2.1 Informações gerais sobre a base de dados

Foram utilizados dados de escores visuais de 4.175 bovinos da raça Nelore, com idade média de 22 meses e dados de 3.075 bovinos com informações reprodutivas, pertencentes a HoRa Genética Provada, localizada no município de Brasilândia, Mato Grosso do Sul (MS), fazenda participante do Programa de Melhoramento Genético Nelore Brasil), coordenado pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP) e que forneceu as informações de genealogia. Os escores visuais, avaliados como medidas categóricas, foram as características morfológicas de musculabilidade/musculatura (M), estrutura (E), aspectos raciais (R), conformação (C), ônfalo (O) e osso sacro (SAC), com base em uma pontuação de 1 a 3, obtidas considerando a metodologia MERCOS⁽²²⁾ com base em uma pontuação de 1 a 5.

O escore M avaliou a distribuição das massas musculares no corpo do animal, assim como seu desenvolvimento, volume e comprimento dos músculos. Quanto maior desenvolvimento dos músculos, ou seja, músculos proeminentes, a pontuação atribuída era maior (escore 5). O escore E é avaliado o suporte do animal, ou seja, a integridade e o tamanho do casco, e a espessura óssea. A pontuação 1 foi atribuída a uma estrutura física fina e 5 para estrutura espessa. Os aspectos raciais são avaliados pelo perfilamento da raça, considerando defeitos como desvio de chanfro ou “cara torta” e articulações dos maxilares. Se o animal se encaixasse no

padrão da raça, a pontuação atribuída era maior. O escore de conformação é avaliado considerando o comprimento do corpo, amplitude torácica, arqueamento e o comprimento das costelas, a largura e o comprimento de garupa. Para esta pontuação, as linhas dorsal e ventral devem ser paralelas ou ligeiramente abertas em direção à garupa. Uma boa conformação recebe uma pontuação de 5, enquanto um animal com menor conformação recebe uma pontuação de 1. Para atribuição do escore na característica ônfalo avalia-se o comprimento do umbigo. A pontuação de 1 é dada a animais com umbigo curto e cinco a um umbigo muito penduloso/grande. O sacro é avaliado pelo comprimento, por meio da largura entre os ossos íleo e ísquio, considerando a distância entre os ísquios e a inclinação do osso sacro. Para animais de “melhor” osso sacro é atribuído um escore 3, correspondente a um osso sacro não saliente, mas sim no mesmo nível das ancas.

Como características reprodutivas, foram analisadas o perímetro escrotal aos 365 (PE365) e 450 (PE450) dias de idade, idade ao primeiro parto (IPP), probabilidade de parto precoce (3P) e stayability (STAY). O perímetro escrotal foi mensurado a cada 90 dias utilizando fita métrica específica para este fim, 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 parição até essa idade receberam categoria 1 (fracasso), além disso, fêmeas que não atingiram esta idade e não confirmaram prenhez 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).

2.2 Análise estatística e estimação dos componentes de (co)variância e parâmetros genéticos

A edição, consistência e análise descritiva dos dados foram realizadas utilizando o programa R⁽²⁸⁾. O grupo de contemporâneos (GC) e as covariáveis incluídas nos modelos, foram definidos após análise utilizando modelos mistos para identificar os fatores não genéticos que influenciaram as características em questão, sendo identificados aqueles significativos ($P < 0,05$). Desta forma, para as características reprodutivas, os GC foram constituídos por animais de mesma fazenda, nascidos no mesmo ano e estação, 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 GC para as características de escores visuais, de forma que os GC apresentassem

animais em todas as classes de escores, este foi composto apenas por animais de mesma fazenda e ano de nascimento, sendo os demais efeitos significativos (sexo, estação de nascimento e lote de manejo) incluídos no modelo como efeito fixo separadamente. Para avaliação de características categóricas, é necessário que o GC tenha observações em todas as classes da variável avaliada. Essa ação também foi necessária para garantir a convergência das análises bayesianas.

GC com menos de quatro animais e animais cujas informações fenotípicas estavam acima ou abaixo de 3,5 desvios-padrão em relação à média do respectivo GC foram excluídos das análises. Além disso, para as características de musculosidade e estrutura foram excluídas as observações dos animais que apresentaram escore igual a 1, devido à baixa frequência desta classe para estas características. A distribuição dos escores para as características de avaliação visual estão apresentadas na tabela 1. O número de observações e a estatística descritiva das características avaliadas estão apresentadas na Tabela 2. As colunas touros e vacas representam os pais e mães dos animais avaliados.

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 programas REMLF90 e AIREMLF90⁽²³⁾. Os componentes de covariância, estimativas de herdabilidade e correlações genéticas, residuais e fenotípicas foram estimados usando um modelo animal linear para as características PE365, PE450 e IPP, de limiar (*threshold*) para as características de escores visuais, 3P e STAY e linear-limiar para a combinação das características contínuas e categóricas (análises bicaracterísticas). Essas análises foram realizadas sob abordagem Bayesiana, com o programa THRGIBBS1F90⁽²⁴⁾.

Tabela 1. Distribuição (%) para as características de escores visuais em bovinos Nelore, da fazenda HoRa Genética Provada, Brasilândia (MS)

Características	Escore visuais				
	1	2	3* ¹	4	5* ²
Musculosidade	0	12,81	40,12	43,55	3,53
Estrutura Física	0	8,98	55,13	35	0,89
Aspectos Raciais	3,26	31,57	48,77	16,02	0,38
Conformação	0,72	20,17	48,6	29,58	0,93
Ônfalo	1,44	25,65	64,43	7,95	0,53
Sacro	11,71	79,9	8,38	---	---

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

Tabela 2. Estatística descritiva para características reprodutivas e escores visuais em bovinos da raça Nelore, da fazenda HoRa Genética Provada, Brasilândia (MS).

Característica	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	1,9	8,51	9	57
PE450 (cm)	1053	55	898	19	35	26,4	25,6	2,58	9,79	7	69
STAY	932	58	781	1	2	1,45	2	0,5	34,32	12	29
3P (meses)	2102	74	1601	1	2	1,19	1	0,39	32,97	18	53
IPP (meses)	3075	103	2380	21	39	33,59	34	3,72	11,06	22	60
M	4170	101	3066	2	5	2,38	4	0,75	31,52	23	182
E	4154	101	3055	2	5	2,28	3	0,63	27,7	23	182
R	4175	101	3069	1	5	2,79	3	0,76	27,24	23	182
C	4175	101	3069	1	5	3,1	3	0,74	24,02	23	182
O	4175	101	3069	1	5	2,8	3	0,61	21,88	23	182
SAC	4175	101	3069	1	3	1,97	2	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: musculosidade; E: estrutura física; R: aspectos raciais; C: conformação; O: ônfalo; SAC: sacro.

Em termos matriciais o modelo geral pode ser descrito como: $y = X\beta + Z\gamma + e$, em que: y é o vetor das observações; X é o vetor dos efeitos fixos; Z é o vetor dos efeitos genético aditivo direto; γ e e são as matrizes de incidência que relacionam γ e e com y , respectivamente; β é o vetor de efeitos residuais associados a cada observação. Como efeitos fixos, para as características de reprodução foram inclusos os GC. Para as características de escores visuais, foram considerados 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 apenas um técnico, 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 foi inferior a 3%.

Os escores visuais foram analisados adotando o seguinte modelo Threshold:

$$f(w_i|y_i) = \prod_{j=1}^{n_i} [1(l_{ij} < t_1)1(w_{ij} = 1) + 1(t_1 < l_{ij} < t_2)1(w_{ij} = 2) + 1(t_2 < l_{ij} < t_3)1(w_{ij} = 3) + 1(t_3 < l_{ij} < t_4)1(w_{ij} = 4) + 1(t_4 < l_{ij} < t_5)1(w_{ij} = 5)]$$

Em que para cada característica i ($i=1, 2, 3, 4$ ou 5), e_j são as variáveis categóricas e observação de escala subjacente j , respectivamente, e t_j são os limiares (thresholds) que definem a resposta categórica para cada característica, e n_i representa o número total de dados para cada característica estudada. Uma distribuição *a priori* uniforme foi definida para os limiares. Para as características M e E foi assumido que γ , de forma que o vetor de limiares estimáveis foi definido como $\gamma = (t_1, t_2, t_3, t_4, t_5)$.

Uma distribuição uniforme e Wishart invertida foram assumidas como a *priori* para os efeitos sistemáticos e componentes de (co)variância, respectivamente. Foram geradas cadeias 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. Essa variação foi utilizada visando garantir a convergência para cada característica categórica ou para combinação de duas características. As estimativas *a posteriori* foram obtidas utilizando o programa POSTGBBSF90⁽²³⁾.

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 Geweke e foi avaliada a autocorrelação entre as amostras. Essas análises foram realizadas com auxílio do pacote Boa⁽²⁶⁾ e EasyGEN⁽²⁷⁾ do programa R. 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.

3. Resultados

Na tabela 3, estão apresentadas as estimativas *a posteriori* dos coeficientes de herdabilidade direta (h^2_d) para as características reprodutivas e escores visuais em bovinos Nelore. De maneira geral, as estimativas de herdabilidade para as características reprodutivas foram de alta magnitude para PE365, PE450, STAY e 3P ($0,50 \pm 0,01$; $0,53 \pm 0,01$; $0,38 \pm 0,02$ e $0,54 \pm 0,02$, respectivamente) a exceção se deu para característica de IPP ($0,10 \pm 0,01$). Em contraste, as estimativas de herdabilidade dos escores visuais foram de baixa a moderada magnitude ($0,15 \pm 0,01$ a $0,28 \pm 0,01$), sendo os maiores valores obtidos para escore de estrutura física.

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	1,2	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	1	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	1	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	6,7	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	0,2	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	0,24-0,22
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	0,02-0,04
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: musculosidade; E: estrutura física; R: aspectos raciais; C: conformação; O: ônfalo; SAC: sacro.

Na tabela 4 estão apresentadas as estimativas de correlações genéticas, residuais e fenotípicas entre os escores e as características reprodutivas. Devido à simetria e a baixa magnitude dos desvios-padrão das herdabilidades (Tabela 3) e correlações genéticas (Tabelas

4) das estimativas dos parâmetros genéticos obtidos a média foi utilizada como medida de tendência central das distribuições *a posteriori* dos parâmetros genéticos, para apresentação da discussão.

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	0,2	0,21
M x PE450	0,03±0,18	-0,04	0	(-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
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	0,04±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	0,2	(-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	-0,1
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	-0,1	-0,06	(-0,41)-0,32	0,15	0
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	-0,1	(-0,54)-0,32	0,22	0,1
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	0,2
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: musculosidade; E: estrutura física; R: aspectos raciais; C: conformação; O: ônfalo; SAC: sacro.

O PE365 apresentou correlação genética moderada com a característica de escore visual de conformação (0,25±0,22) e o PE450 negativa e moderada com aspectos raciais (-0,25±0,17), as demais estimativas obtidas entre perímetro escrotal e escores visuais foram baixas. A stayability apresentou estimativas de associação genética moderada a alta com escores visuais, sendo os maiores valores observado com os escores de conformação e osso sacro (0,36±0,25 e 0,66±0,31, respectivamente), a exceção se deu com M e R. A probabilidade de parto precoce também apresentou correlação alta com SAC (-0,55±0,23) e moderada com M (-0,22±0,22), porém essas estimativas foram negativas, já

as correlações entre 3P e os demais escores visuais (E, R, C e O) foram baixas (-0,19 a -0,06±0,29). Para IPP, foram observadas correlações genéticas de baixa magnitude com escores visuais, variando de -0,09±0,25 a -0,20±0,28, com exceção entre O e IPP, cujo valor foi de -0,24±0,27.

Correlações fenotípicas moderadas foram estimadas entre PE365 com M e correlações residuais moderadas entre PE365 com M e SAC, e PE450 com M, R e SAC. As correlações residuais entre 3P com M e E foram positivas e moderadas e entre 3P e O foram moderadas e negativas. A STAY apresentou correlações residuais de moderada magnitude com os escores de M, C

e SAC (-0,22, -0,28 e -0,35, respectivamente), porém essas estimativas foram negativas. No mesmo sentido IPP também apresentou correlação fenotípica favorável, moderada e negativa com SAC (-0,21).

4. Discussão

As altas estimativas de herdabilidade obtidas para PE365 e PE450 estão dentro dos reportados na literatura para bovinos Nelore, cujos valores variam de 0,29 a 0,58 e 0,33 e 0,57, respectivamente ^{(12),(13),(15),(16),(29),(30),(15)}, em análises utilizando Inferência Bayesiana e Máxima Verossimilhança Restrita. 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.

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 similares ⁽¹⁶⁾. 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 machos ⁽²⁹⁾. Por outro lado, a seleção para PE450, é indicativo de fertilidade sexual, estando relacionado com a libido, aspectos quantitativos e qualitativos do sêmen e, consequentemente, maior fertilidade ⁽³¹⁾.

A estimativa de herdabilidade alta magnitude para STAY encontrada no presente estudo foi superior as relatadas na literatura para bovinos da raça Nelore, cujas estimativas variam de baixa a moderada magnitude (0,09 a 0,25)^{(32),(13),(14),(15)}. No entanto, Queiroz et al.⁽³³⁾ 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.

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% das vacas com capacidade de permanecer no rebanho e produzindo, em comparação com a média do

programa de melhoramento da ANCP, que é de 31% (Lôbo *et al.* unpublished data). Essa proporção de fêmeas com alta habilidade de permanência no rebanho resulta em maiores ganhos e amortização dos custos, com a redução do número de fêmeas a serem descartadas.

Ainda assim, a ampla variação nas estimativas de herdabilidade para essa característica pode ser atribuída aos diferentes modelos utilizados nas definições das características, bem como a possíveis diferenças genéticas nas populações avaliadas ^{(33),(32)}. A estimativa de herdabilidade obtida demonstra que a seleção de fêmeas com base na stayability, é viável. Além disso, a utilização dessa característica como critério de seleção 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, resultando no aumento no número de animais para comercialização e redução dos custos de manutenção de matrizes, devido ao maior número de bezerros nascidos e aumento do número de animais adultos mais produtivos no rebanho ⁽³⁴⁾. Por fim, a seleção para STAY promove o descarte sustentável, com menor probabilidade de erro, possibilitando o aumento do planejamento direcionado do rebanho.

A alta estimativa de herdabilidade obtida para 3P (0,54±0,02) indica rápida resposta a seleção, além disso, a estimativa obtida é próxima aos valores apresentados na literatura para animais da raça Nelore, cujos valores variam de 0,36 ⁽⁶⁾ a 0,55 ⁽³⁵⁾, 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 sexual ⁽¹³⁾. 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 próximos aos encontrados por Claus et al.⁽¹⁹⁾ e Costa et al.⁽¹⁵⁾, cujas estimativas variaram de 0,08 a 0,13, sugerindo que a seleção focada nesta característica trará um progresso genético mais lento, devido à baixa estimativa de herdabilidade (0,10±0,01), em comparação à 3P. Contudo, considerando a importância econômica das características indicadoras de precocidade sexual para os sistemas de produção e a maior facilidade de avaliação de IPP em comparação a 3P que é uma característica categórica, mesmo que apresentem herdabilidades relativamente baixas, a sua utilização deve ser considerada como critério de seleção ^{(16),(36)}.

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. 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 reprodução^{(16),(36)}.

De acordo com Forni et al. características morfológicas sofrem maiores influência ambientais, devido a isso, podem ser esperadas repostas a seleção de menor magnitude. O que corrobora com as estimativas encontradas no presente estudo. Existem diversas metodologias de avaliações visuais, no entanto são poucos os estudos encontrados utilizando a metodologia de avaliação MERCOS⁽²²⁾. No entanto, Faria et al. utilizando este mesmo método de avaliação reportaram coeficientes de herdabilidade próximas as encontradas neste estudo, cujos valores foram de 0,21; 0,27; 0,20 e 0,29 para M, E, R e C, respectivamente, em bovinos Nelore avaliados aos 22 meses de idade e com um número de observações similar ao utilizado no presente estudo. Contudo, trabalhos utilizando outras metodologias de avaliação visual reportaram valores superiores variando de 0,33 a 0,40 para E; 0,40 a 0,44 para P e 0,35 a 0,37 para M^{(5),(6),(11)}. Nesse sentido, as estimativas encontradas no presente estudo, juntamente as reportadas na literatura mostram que características morfológicas podem responder a seleção individual e promover ganhos genéticos, principalmente os escores de estrutura, aspectos raciais e conformação. Dessa forma, a seleção baseada nestes escores visuais deve levar a mudanças na composição corporal de progênies nas gerações futuras.

Correlações genéticas moderadas entre perímetro escrotal obtido em diferentes idades e escore visual de conformação também foram relatadas por Boligon and Albuquerque. Em consonância, Faria et al. reportaram valores variando de 0,24 a 0,65 entre que o perímetro escrotal avaliados aos 365 e 450 dias de idade e escores de conformação avaliados em diferentes idades. Nesse sentido a correlação genética de moderada magnitude entre PE365 e o escore de C, juntamente aos resultados encontrados na literatura indicam que a seleção para animais de melhor conformação permite a obtenção de animais mais eficientes em termos de fertilidade. Contudo, a correlação genética negativa e moderada obtida entre aspectos raciais e PE450 indica que deve ser realizada a seleção simultânea para ambas características para obtenção de maiores ganhos genéticos e uma seleção mais harmônica.

As baixas estimativas de correlações genéticas entre perímetro escrotal com M, E, O, obtidas indicam que a maioria dos genes que influenciam o PE, não afetam os escores visuais. No mesmo sentido, Duitama et al.

encontraram valores inferiores em bovinos Nelore entre escores E, P e M e perímetro escrotal (PE) (-0,04; -0,05 e -0,03). As baixas estimativas encontradas no estudo de Duitama et al. 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), visto que a maioria dos animais com informação fenotípica para as características morfológicas eram fêmeas. Diferentemente, Faria et al. reportaram estimativas de correlações genéticas superiores ao presente estudo entre escores de M e E com PE365 e PE450 (0,46 e 0,50; 0,59 e 0,49, respectivamente) medidos aos 22 meses de idade em bovinos da raça Nelore, de acordo com os autores, apesar da nesta idade ser considerada tardia, os resultados obtidos permitem levar a obtenção de animais mais eficientes em termos de fertilidade, além disso, estes resultados refletem os sistemas de produção pecuária de corte brasileira, que em sua grande maioria são sob sistema extensivo. Utilizando outro método de avaliação Boligon and Albuquerque também reportaram estimativas correlações genéticas superiores entre PE e escores de P e M (0,31 e 0,29, respectivamente).

Apesar das baixas correlações genéticas entre a maioria dos escores visuais e PE, as estimativas moderadas de correlação fenotípica entre PE365 com M e residual entre PE365 com M e SAC, e PE450 com M, R e SAC indicam que 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 musculabilidade, osso sacro e melhor caracterização racial pode levar a animais de maior circunferência escrotal. A correlação residual inclui associações decorrentes de efeitos ambientais que não são considerados no modelo estatístico e efeitos genéticos não aditivos⁽⁴⁰⁾.

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 musculabilidade, 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 (0,19±0,22). Nesse sentido, a associação genética entre STAY e C também pode estar relacionada a maior facilidade de parto de fêmeas que apresentam melhor conformação corporal, resultando em maior longevidade reprodutiva e corroborando com os resultados obtidos entre STAY e SAC.

A alta estimativa de correlação genética entre STAY e SAC (0,66±0,31) 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 reprodutivos⁽⁴¹⁾. Isto pode estar relacionado também à maior capacidade de permanência na fêmea no rebanho, uma vez que, não será descartada, de forma que, no rebanho avaliado é mantido somente animais de melhor garupa ou osso sacro. Por outro lado, 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 mediano e com melhores ossos sacros (não salientes ou inclinados) são aqueles que apresentam maior capacidade de permanecerem no rebanho e produzindo. Além disso, deve-se priorizar mudanças ambientais conjuntas para ambas características para obtenção em maiores ganhos.

As estimativas de correlações genéticas de modera e alta magnitude obtidas entre probabilidade de parto precoce e M e SAC indicam obtenção de maiores ganhos genéticos e maior influência genética da musculabilidade e do osso sacro na ocorrência de prenhez em menor idade, quando comparado com as demais correlações genéticas obtidas entre 3P e os demais escores visuais. No entanto, as estimativas negativas obtidas indicam que é importante a inclusão de ambas características para que o ganho para ambas seja no mesmo sentido desejado para o sistema reprodutivo.

Trabalhando com bovinos Nelore, Brunet et al., identificaram que 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 desejados para inserção da cauda apresentaram também uma menor idade à primeira concepção. Esse fato pode justificar a moderada correlação obtida entre 3P e SAC. Os autores ainda relataram 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 estudo de Soares et al. entre sacro e a musculatura (0,44).

As correlações residuais moderadas e negativas obtidas entre 3P com M e E, e positivas e moderadas entre 3P e O indicam que, a seleção fenotípica para animais com maior musculabilidade e estrutura corporal, pode resultar em animais mais precoces, conforme mencionado anteriormente pela razão do depósito de massa muscular com o desempenho reprodutivo.

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. Desta forma, 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, considerando a mensuração fenotípica viesada pelo manejo. Somente no ano seguinte, após implantação do programa de seleção, as fêmeas começaram a ser desafiadas para precocidade sexual assim emprenhavam 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. reportaram 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). Tramonte relatou correlações genéticas de moderada magnitude entre escores visuais avaliados pela metodologia SAM (estrutura física, precocidade/conformação e musculabilidade) com 3P e STAY (0,22 e 0,29, respectivamente). Faria et al. 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.

Paterno et al., encontraram correlações genéticas negativas de baixas a altas magnitude entre escores E, precocidade de acabamento (P) e M com IPP de -0,06; -0,47 e -0,37, respectivamente. Por outro lado, Boligon and Albuquerque, 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, bem como o manejo e processo de seleção pelos quais os animais são submetidos. Esses resultados, juntamente aos obtidos no presente estudo indicam que a resposta a seleção para animais com maiores escores em características de longevidade e precocidade são contrastantes. No mesmo sentido, mudanças fenotípicas para o escore de SAC pode levar à seleção de animais mais precoces.

5. Conclusão

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. Nesse sentido, características mensuradas através de escores visuais podem ser usadas como ferramentas complementares junto à seleção de medidas objetivas.

Além disso, a utilização de escores visuais como critério de seleção permite antecipar tomadas de decisão, como o descarte de animais com algum tipo de defeito morfológico que possa comprometer o sistema de produção, auxiliando assim, a identificação de animais funcionais, equilibrados e adequados para o sistema de produção, de acordo com as exigências do mercado. Além, de permite que cada fazenda construa sua própria identidade visual para o rebanho.

Declaração de Conflito de Interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Contribuições do autor

Conceituação: L.B. Brunes and C. Magnabosco. *Curadoria de dados:* L.B. Brunes. *Análise formal:* L.B. Brunes and B.B. Soares. *Metodologia:* C. Magnabosco. *Investigação:* B.B. Soares and C. Magnabosco. *Gerenciamento do projeto:* C. Magnabosco. *Recursos:* M.G. Narciso. *Redação (esboço original):* B.B. Soares, V.S. Magnabosco and R. D. Sainz. *Redação (revisão e edição):* B.B. Soares, L.B. Brunes, F. Baldi, A.S. Carmo and R. D. Sainz

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES-DS) pelo apoio financeiro de mestrado ao primeiro autor, Bolsa nº 23070.045460/2020-91. Os autores também agradecem à Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP) por fornecer dados fenotípicos e de parentesco. Os autores também agradecem à HoRa Genética Provada, Brasilândia (MS) por fornecer o conjunto de dados morfológicos.

Referências

1. ANCP- Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores. Características avaliadas [Internet]. 2020; [cited 14 December 2020]. Disponível em: <https://www.ancp.org.br/programas/conceitos-basicos/caracteristicas-avaliadas/>.
2. 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. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2009; 61, 949–958. doi: <http://doi.org/10.1590/S0102-09352009000400025>.
3. Marques EG., Magnabosco CU, Lopes FB., SILVA M. Estimativas de parâmetros genéticos de características de crescimento, carcaça e perímetro escrotal de animais da raça nelore avaliados em provas de ganho em peso em confinamento / Estimate the genetic parameters of growth characteristics, carcass and scr. *Bioscience Journal*. 2013; 29, 159–167.
4. Azevedo Junior J, Petrini J, Mourão GB, Ferraz JBS. Categorical Visual Score Traits of a Nelore Beef Cattle Population. *Journal of Agricultural Science*. 2017; 9, 63. doi: <http://doi.org/10.5539/jas.v9n8p63>.
5. Paterno FM, Buzanskas ME, Koury Filho W, Lôbo RB, Queiroz SA. Evaluation of body weight and visual scores for genetic improvement of Nelore cattle. *Tropical Animal Health and Production*. 2017; 49, 467–473. doi: <http://doi.org/10.1007/s11250-016-1215-2>.
6. 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. *The Journal of Agricultural Science*. 2017; 155, 679–687. doi: <http://doi.org/10.1017/S0021859617000028>.
7. Koetz Júnior C, Roso VM, Claus LAM, Oliveira RPL de, Fávoro P da C, Borges MHF, Barcellos JOJ, Ribeiro EL de A. Genetic trends for mature body weight, visual scores, and growth traits in Nelore cattle. *Ciência Rural*. 2017; 47,1-6. doi: <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151506>.
8. Koetz C, Roso VM, da Cruz Fávoro P, Pereira GR, Borges MHF, Barca FA, Barcellos JOJ, de Azambuja Ribeiro EL. Heritability estimation and genetic correlations for mature weight, visual scores, and growth traits in Nelore cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2019; 48,1-10. doi: <http://doi.org/10.1590/RBZ4820170246>.
9. Josahkian LA. Avaliação zootécnica e funcional em gado de corte. In 'Melhoramento Aplicado em Gado de Corte: Programa Genepus- Embrapa'. 2013; pp.195-210 (Rosa AN, Martins EN, Menezes GRO and LOC Silva LOC, Eds.) (Brasília, DF).
10. Gordo DGM, Espigolan R, Tonussi RL, Júnior GAF, Bresolin T, Magalhães AFB, Feitosa FL, Baldi F, Carvalheiro R, Tonhati H, de Oliveira HN, Chardulo LAL, de Albuquerque LG. Genetic parameter estimates for carcass traits and visual scores including or not genomic information. *Journal of Animal Science*. 2016; 94, 1821–1826. doi: <http://doi.org/10.2527/jas.2015-0134>.
11. Silveira DD, De Vargas L, Pereira RJ, Campos GS, Vaz RZ, Lôbo RB, de Souza FRP, Boligon AA. Quantitative study of genetic gain for growth, carcass, and morphological traits of Nelore cattle (J Plaizier, Ed.). *Canadian Journal of Animal Science*. 2019; 99, 296–306. doi: <http://dx.doi.org/10.1139/cjas-2018-0078>.
12. 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* [Internet]. 2017;92:204–9. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.09.057>
13. Kluska S, Olivieri BF, Bonamy M, Chiaia HLJ, Feitosa FLB, Berton MP, Peripolli E, Lemos MVA, Tonussi RL, Lôbo RB, Magnabosco C de U, Di Croce F, Osterstock J, Pereira ASC, Munari DP, Bezerra LA, Lopes FB, Baldi F, Kluskaa S, Olivieri BF, Bonamy M, Chiaia HLJ, Feitosaa FLB, Bertona MP, Peripollia E, Lemosaa MVA, Tonussi RL, Lôbo RB, Magnabosco C de U, Di Croce F, Osterstocke J, Pereira ASC, Munaria DP, Bezerra LA, Lopes FB, Baldi F. Estimates of genetic parameters for growth, reproductive, and carcass traits in Nelore cattle using the single step genomic BLUP procedure. *Livestock Science*. 2018; 216, 203–209. doi: <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.08.015>.

14. 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; 108,81–87. doi:<http://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.11.035>.
15. 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. *Animal Reproduction Science*. 2020; 214, 106305. doi:<http://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106305>
16. Brunes LC, Baldi F, E Costa MFO, Lobo RB, Lopes FB, Magnabosco CU. Genetic-quantitative analysis for reproductive traits in Nellore cattle selected for sexual precocity. *Animal Production Science*. 2020; 60, 896–902. doi:<http://doi.org/10.1071/AN19120>.
17. Forni S, Albuquerque LG. Avaliação de fatores de ambiente e estimativas de parâmetros genéticos para a característica dias para o parto na raça Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2006; 35, 1329–1335. doi:<http://doi.org/10.1590/S1516-35982006000500011>.
18. 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. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2010; 39, 503–511. doi:<http://doi.org/10.1590/S1516-35982010000300008>.
19. 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. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2017; 46, 303–308. doi:<http://doi.org/10.1590/s1806-92902017000400005>.
20. Raidan FSS, Tineo JSA, de Moraes MM, Escarce TC, de Araújo AEM, Gomes MM de C, Ventura HT, Toral FLB. Associations among growth, scrotal circumference, and visual score of beef cattle in performance tests on pasture or in feedlots. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2017; 46, 309–316. doi:<http://doi.org/10.1590/S1806-92902017000400006>.
21. Boligon AA, Albuquerque LG de. Correlações genéticas entre escores visuais e características reprodutivas em bovinos Nelore usando inferência bayesiana. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2010; 45, 1412–1418. doi:<http://doi.org/10.1590/S0100-204X2010001200011>.
22. Lôbo RB. 'Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore.' (ANCP: Ribeirão Preto). 1996; 46 p.
23. 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.
24. Tsuruta S, Misztal I. THRGIBBS1F90 for estimation of variance components with threshold-linear model. In: 8^o World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Belo Horizonte: WGGALP; 2006.
25. Geweke J. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculations of posterior moments. *Bayesian Stat*. 1992; 4:641–9.
26. Smith BJ. BOA: an R package for MCMC output convergence assessment and posterior inference. *J Stat Softw*. 1997; 21:2–37.
27. Lopes FB. easyGEN [Internet]. 2019. Disponível em: <http://github.com/camult/easyGEN>.
28. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2021.
29. Moreira HL, Buzanskas ME, Munari DP, Canova ÉB, Lôbo RB, Paz CCP de. Reproductive traits selection in nelore beef cattle. *Ciência e Agrotecnologia*. 2015; 39, 355–362. doi:<http://doi.org/10.1590/S1413-70542015000400006>.
30. 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. *Livestock Science*. 2019; 230, 103825. doi: <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103825>.
31. Pereira E, Eler JP, Ferraz JBS. Análise genética de características reprodutivas na raça Nelore. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2002; 37, 703–708. doi: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000500016>.
32. Rizzo ECA, Neto FRA, Diaz IDPS, Dias MM, Costa RB, Ventura HT, Oliveira HN, Falcão AJS. Genetic association of productive and reproductive traits with stayability in nelore cattle: Analysis using Bayesian models. *Genetics and Molecular Research*. 2015; 14, 14956–14966. doi: <http://doi.org/10.4238/2015.November.24.3>.
33. 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. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2007; 36, 1316–1323. doi: <http://doi.org/10.1590/S1516-35982007000600013>.
34. Tanaka ALR, Neves HHR, Oliveira JA, Carvalheiro R, Queiroz AS. Índice de seleção bioeconômico para fêmeas de corte da raça Nelore. *Archivos de Zootecnia*. 2012; 61, 537–548. doi: <http://doi.org/10.4321/S0004-05922012000400006>.
35. Terakado APN, Boligon AA, Baldi F, Silva JAI V, Albuquerque LG. Genetic associations between scrotal circumference and female reproductive traits in Nelore cattle. *Journal of Animal Science*. 2015; 93, 2706–2713. doi: <http://doi.org/10.2527/jas.2014-8817>.
36. 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. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101, 425–432. doi:<http://doi.org/10.3168/jds.2017-12957>.
37. Forni S, Federici J de F, Albuquerque LG de. Tendências genéticas para escores visuais de conformação, precocidade e musculatura à desmama de bovinos Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2007; 36, 572–577. doi:<http://doi.org/10.1590/s1516-35982007000300008>.
38. Faria CU, de Ulhôa Magnabosco C, de Albuquerque LG, Framantino Bezerra LA, Lôbo RB. Avaliação genética de características de escores visuais de bovinos da raça Nelore da desmama até a maturidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2009; 38, 1191–1200. doi:<http://doi.org/10.1590/S1516-35982009000700005>.
39. 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. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2015; 67, 1111–1118. doi: <http://doi.org/10.1590/1678-4162-6874>.
40. Kruuk LEB, Clutton-Brock TH, Slate J, Pemberton JM, Brotherstone S, Guinness FE. Heritability of fitness in a wild mammal population. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2000; 97, 698–703. doi: <http://doi.org/10.1073/pnas.97.2.698>.
41. Taveira RZ, Silveira Neto OJ, LUZ TN, Leite AA, Oliveira BC, Martins TR. Avaliação quantitativa de características produtivas e medidas lineares em rebanho leiteiro da raça Holandesa.

PUBVET. 2014; 8, 1-11. Art. 1654.

42. Brunes LC, Baldi FS, Costa MFOE, Quintans G, Banchemo G, Lôbo RB, Magnabosco CU. Early growth, backfat thickness and body condition has major effect on early heifer pregnancy in Nelore cattle. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*. 2022; 94, 1-18. doi: <http://doi.org/10.1590/0001-3765202120191559>.

43. Soares BB, Brunes LC, Baldi FS, Carmo AS, Pereira LS, Carvalho RA, Narciso MG, Magnabosco CU. Parâmetros

Genéticos para Características Morfológicas, Desempenho e de Carcaça em Bovinos Nelore. *Boletim Pesquisa e Desenvol.* 2021; N° 388. pp39. Embrapa Cerrados, Planaltina.

44. Tramonte NC Relações genéticas entre índices de biotipo animal e características de importância econômica em bovinos Nelore. 2018; pp.64. MSc Thesis. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal,SP.