



Estimativas de correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassonografia em bovinos Nelore utilizando modelos bayesianos linear-limiar¹

Carina Ubirajara de Faria², Cláudio de Ulhôa Magnabosco³, Lucia Galvão de Albuquerque⁴, Luiz Antônio Framartino Bezerra⁵, Raysildo Barbosa Lôbo⁵

¹ Suporte financeiro do CNPq.

² FAMEV/UFU.

³ Embrapa Cerrados/Arroz e Feijão.

⁴ UNESP/Jaboticabal.

⁵ FMRP/USP e ANCP.

RESUMO - O objetivo neste estudo foi estimar as correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassonografia em bovinos da raça Nelore utilizando a estatística bayesiana por meio da Amostragem de Gibbs, sob modelo animal linear-limiar. Foram estudadas as características categóricas morfológicas de musculabilidade, estrutura física, conformação e sacro, avaliadas aos 15 e 22 meses de idade. Para as características de carcaça, foram avaliadas as características área de olho-de-lombo, espessura de gordura subcutânea, espessura de gordura subcutânea na garupa e altura na garupa. Os escores visuais devem ser empregados como critérios de seleção para aumentar o progresso genético para a característica área de olho-de-lombo e, conseqüentemente, melhorar o rendimento de carcaça. As estimativas de correlação genética obtidas para musculabilidade com espessura de gordura subcutânea e espessura de gordura subcutânea na garupa indicaram que a seleção para musculabilidade pode levar a animais com melhor acabamento de carcaça. A seleção para a estrutura física e conformação aos 15 e 22 meses de idade pode promover resposta correlacionada para o aumento da altura na garupa.

Palavras-chave: amostragem de gibbs, características morfológicas, parâmetros genéticos, Zebu

Genetic correlation estimates between visual scores and carcass traits measured by ultrasound in Nelore cattle using linear-threshold bayesian models

ABSTRACT - The objective of this study was to estimate the genetic correlations between visual scores and the carcass traits measured by ultrasound, in Nelore breed cattle, using the bayesian statistics by Gibbs Sampling, in the linear-threshold model. The morphological categorical traits of musculature, physical structure, conformation and sacrum were studied, evaluated at 15 and 22 months. The carcass traits of the longissimus muscle area, backfat thickness, rump fat thickness and hip height were evaluated. Visual scores should be used as selection criterion to increase genetic progress for the longissimus muscle area. The estimates of genetic correlations obtained between musculature and backfat thickness and rump fat thickness indicated that the selection for musculature may lead to animals with better carcass finishing. Selection for physical structure and conformation, at 15 and 22 months, should promote response correlated with the hip height.

Key Words: genetic parameters, gibbs sampling, morphological traits, Zebu cattle

Introdução

A seleção para precocidade de acabamento é um assunto em evidência em estudos com bovinos de corte, pois o encurtamento do ciclo de produção, sobretudo em sistemas a pasto seria um grande passo para a bovinocultura de corte brasileira aperfeiçoar seus índices produtivos. No entanto, é necessário identificar genótipos adaptados aos sistemas de produção em que são criados. Neste contexto,

os escores visuais poderiam ser utilizados para seleção do tipo morfológico que atenda às exigências do mercado.

Embora não sejam encontrados na literatura trabalhos com estimativas das correlações genéticas das características morfológicas *in vivo* com características de carcaça, alguns autores (May et al., 1992; Cardoso et al., 2001; Koury Filho, 2005) recomendam a inclusão de escores visuais em programas de seleção como alternativa viável para melhorar a carcaça e a precocidade de terminação.

Assim, são necessários estudos para avaliação das características de carcaça por ultrassonografia para entender suas relações com as características avaliadas por escores.

Na avaliação genética de características morfológicas, em que os dados não apresentam distribuição normal, alguns cuidados devem ser considerados. Recomenda-se o uso de modelos de limiar, que apresentam maior habilidade para detecção da variabilidade genética em comparação aos modelos lineares (Luo et al., 2002). O modelo de limiar baseia-se na hipótese de que as classes de dados observáveis estão relacionadas ao delineamento de uma variável normal ou escala subjacente contínua (Sorensen et al., 1995; Van Tassell et al., 1998), definida por Gianola & Foulley (1983) como a soma de todos os efeitos ambientais e genéticos que influenciam a susceptibilidade da característica. Dessa maneira, assume-se que existe uma variável aleatória não-observável, associada aos níveis de cada característica categórica, contendo os efeitos fixos e os aleatórios.

O objetivo neste estudo foi estimar as correlações genéticas entre características morfológicas e de carcaça medidas por ultrassonografia em bovinos da raça Nelore utilizando a estatística bayesiana por meio da Amostragem de Gibbs, sob modelo animal linear-limiar.

Material e Métodos

As informações de escores visuais foram obtidas nos anos de 2000 a 2005 em bovinos da raça Nelore provenientes do Programa Nelore Brasil, da Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP), localizadas em Goiás, Mato Grosso, Paraná e no Distrito Federal. Foram estudadas as características categóricas morfológicas de musculabilidade, estrutura física, conformação e sacro avaliadas aos 15 e 22 meses de idade.

As informações para as características de carcaça e altura na garupa foram obtidas durante os anos de 2002 a 2005 em bovinos machos da raça Nelore com 450 a 720 dias de idade, provenientes da Agropecuária OMB, no estado do Mato Grosso. Os animais encontravam-se em regime alimentar de pastagem.

Para a avaliação visual, foi utilizado o método denominado MERCOS, adaptado por Lôbo (1996), em que (i) para a musculabilidade (M) avalia-se a distribuição muscular no corpo do animal, bem como seu desenvolvimento, volume e comprimento dos músculos, visando precocidade de acabamento e maior rendimento de carcaça; (ii) na estrutura física (E) avalia-se a sustentação do animal, ou seja, a integridade e o tamanho dos cascos, a firmeza dos

ligamentos ou das articulações e a largura dos ossos; (iii) para a conformação (C), avalia-se o esqueleto do animal, o comprimento do corpo, a amplitude torácica, o arqueamento e comprimento das costelas, a largura de garupa e o comprimento, a relação tamanho dos membros e comprimento das costelas, de modo que as linhas dorsal e ventral devem ser paralelas ou abrir levemente no sentido da garupa. De acordo com Lôbo (1996), para cada variável morfológica, os animais avaliados podem apresentar escores de 1 a 5 pontos, de modo que a maior pontuação representa o grau mais favorável. Um animal que, em comparação ao seu grupo de contemporâneos, for considerado intermediário (3 pontos) para determinada característica representa a referência para a classificação dos demais abaixo (1 ou 2 pontos) ou acima da média (4 ou 5 pontos).

Para atribuir escores para sacro (SAC), avaliaram-se o comprimento, por meio da distância entre os ossos íleo e ísquio, a largura, considerando a distância entre os íleos e entre os ísquios, e a inclinação do osso sacro. Como SAC é uma característica binária ou dicotômica, foram utilizados apenas dois escores. Assumiu-se valor 1 para animais com osso sacro indesejável e valor 2 para osso sacro desejável.

Na aplicação do método de avaliação visual, os animais foram analisados individualmente pelo mesmo avaliador para cada lote de manejo, o que caracterizou animais de mesmo sexo e nascidos na mesma época e que receberam mesmo tratamento alimentar e sanitário. Todo o lote de manejo foi observado, buscando visualizar o perfil médio para cada característica morfológica avaliada (Tabela 1). Desta forma, a avaliação visual foi comparativa e a pontuação dada para cada indivíduo relativa aos demais.

As características de carcaça medidas por ultrassonografia foram área de olho-de-lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EG), ambas mensuradas entre a região da 12ª e 13ª costelas, transversalmente

Tabela 1 - Distribuição (%) por escores para as características musculabilidade, estrutura física, conformação e sacro avaliadas aos 15 e 22 meses de idade em bovinos da raça Nelore

Característica	Escore				
	1	2 ^a	3	4	5 ^b
Musculabilidade ₁₅	1,3	22,7	47,8	23,2	5,0
Estrutura física ₁₅	0,5	12,0	50,1	32,8	4,6
Conformação ₁₅	1,7	21,0	44,7	26,3	6,3
Sacro ₁₅	51,3	48,7			
Musculabilidade ₂₂	0,6	12,4	43,2	33,4	10,4
Estrutura física ₂₂	0,4	6,5	37,6	44,0	11,5
Conformação ₂₂	0,4	11,3	39,0	35,8	13,5
Sacro ₂₂	39,6	60,4			

^a Escore ideal para sacro; ^b Escore ideal para musculabilidade, estrutura física e conformação.

sobre o músculo *longissimus dorsi*, além da espessura de gordura subcutânea na garupa (EGP8), medida na intersecção dos músculos *gluteus medius* e *biceps femoris*, localizados entre o ílio e o ísquio. Também foi avaliada a altura na garupa (ALTG), mensurada por meio de fita métrica, pela distância em metros (m) do solo à ponta do íleo, de acordo com o *Beef Improvement Federation Guidelines* (BIF, 2006).

A estruturação dos arquivos de dados foi realizada com a utilização do programa *Statistical Analysis System* (SAS, 2004). Para a consistência dos dados das características morfológicas, o intervalo de idade dos animais seguiu uma variação de 360 a 540 dias em relação aos 450 dias (15 meses de idade) e de 570 a 750 dias em relação aos 660 dias (22 meses de idade), considerando um período de 90 dias para menos e para mais em cada classe de idade. Foram eliminados os animais com medidas repetidas dentro de cada classe de idade. Para a verificação dos efeitos de ambiente que influenciam as características morfológicas, foram utilizados os procedimentos GLM e REG do software SAS (SAS, 2004).

A definição dos grupos de contemporâneos para as características categóricas morfológicas (Tabela 2) foi determinada por fazenda, ano e estação de nascimento e lote de coleta para os animais de 15 e 22 meses de idade. Para as características de carcaça e altura na garupa, os grupos contemporâneos contemplaram o ano e a estação de nascimento e o ano da coleta e o lote de manejo aos 210 e 365 dias de idade. O efeito de estação de nascimento foi dividido em quatro classes: animais nascidos nos meses de janeiro a março, abril a junho, julho a setembro e outubro a dezembro.

Foram eliminados os grupos contemporâneos com menos de quatro animais para todas as características

avaliadas. Para as características contínuas, além dessa restrição, foram retirados os animais com medidas de 3,5 desvios-padrão acima ou abaixo da média de seu grupo de contemporâneos. Ressalta-se que apenas 39% e 33% dos animais avaliados visualmente aos 15 meses de idade possuíam informações para as características de carcaça e a altura na garupa, respectivamente (Tabela 3). Aos 22 meses de idade, 31% e 17% dos animais apresentaram informações tanto para as características morfológicas como para carcaça e altura na garupa.

Os parâmetros genéticos das características categóricas morfológicas e das características contínuas de carcaça e altura na garupa foram estimados mediante análises bicaracterísticas sob modelo animal linear-limiar utilizando a estatística bayesiana por meio do aplicativo *MTGSAM Threshold (Multiple Trait Gibbs Sampler for Animal Models)*, desenvolvido por Van Tassell et al. (1998).

Para as características morfológicas avaliadas aos 15 meses de idade, foram considerados o sexo e a classe de idade da vaca ao parto (seis classes) como efeitos fixos, os grupos de contemporâneos como efeitos aleatórios e a idade do animal no momento da coleta como covariável (efeito linear). No entanto, para sacro (SAC) aos 15 meses de idade e as características morfológicas avaliadas aos 22 meses de idade, não foi incluído o efeito fixo de classe de idade da vaca ao parto. No entanto, para as características de carcaça, medidas pelo ultrassom, e a altura na garupa, foram incluídos os efeitos fixos de grupo de contemporâneos e, como covariável, a idade da vaca ao parto (efeito linear e quadrático) e a idade do animal no momento da coleta (efeito linear). O modelo completo pode ser representado em notação matricial como:

Tabela 2 - Número de animais e de grupos de contemporâneos para as características categóricas morfológicas de bovinos da raça Nelore

Escore visual	Número de animais			
	Animais jovens	Touros	Vacas	Grupo de contemporâneos
15 meses de idade				
Musculosidade, estrutura física e conformação	1.894	216	1.749	75
Sacro	1.666	191	1.566	67
22 meses de idade				
Musculosidade, estrutura física e conformação	3.864	301	3.093	118
Sacro	3.434	261	2.776	102

Tabela 3 - Características contínuas medidas na carcaça de bovinos da raça Nelore

Variável	Número				Média	Desvio-padrão	Coeficiente de variação (%)
	Animais	Touros	Vacas	Grupo de contemporâneos			
Área de olho-de-lombo (cm ²)	2.035	126	1.628	170	43,19	6,55	15,16
Espessura de gordura subcutânea (cm)	2.022	126	1.620	170	0,15	0,04	28,30
Espessura de gordura subcutânea na garupa (cm)	1.990	126	1.596	167	0,18	0,07	37,11
Altura na garupa (m)	811	82	767	71	1,35	0,04	3,11

$$y = X\beta + Z_1a + Z_2c + e$$

em que y = vetor das observações (características contínuas e categóricas), β = vetor dos efeitos fixos (sexo e classe de idade da vaca ao parto para características morfológicas; grupo de contemporâneos para AOL, EG, EGP8 e ALTG); a = vetor dos efeitos aleatórios que representam os valores genéticos aditivos diretos de cada animal; c = vetor de efeitos aleatórios não-correlacionados (efeitos de grupos contemporâneos para as características morfológicas); e = vetor de efeitos aleatórios residuais; e X , Z_1 e Z_2 = matrizes de incidência que relacionam as observações aos efeitos fixos e aos efeitos aleatórios genético aditivo direto e não-correlacionados, respectivamente. O arquivo de genealogia incluiu 52.361 animais com coeficiente de consanguinidade médio de 0,03.

Os modelos de limiar geralmente apresentam problemas na estimação de componentes de variância e predição dos valores genéticos quando se tem grande número de níveis de efeitos fixos (Moreno et al., 1997; Varona et al., 1999; Luo et al., 2002). Nesta condição, os autores recomendam assumir esses efeitos como aleatórios. No entanto, para que a convergência seja atingida, também é necessário maior número de dados dentro de cada nível (Varona et al., 1999). Dessa forma, os efeitos de grupos de contemporâneos foram assumidos como aleatórios e o sexo e a classe de idade da vaca ao parto como efeitos fixos para as análises genéticas de características categóricas.

No modelo de limiar, assume-se que a escala subjacente apresenta distribuição normal contínua e pode ser representada como:

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

em que U = vetor da escala base de ordem r ; $\theta' = (\beta', a', c')$ = vetor dos parâmetros de locação de ordem s com β (definidos sob o ponto de vista frequentista, como efeitos fixos), e ordem s com a e c (como efeitos aleatórios genético aditivo direto e de grupo de contemporâneos); W = matriz de incidência conhecida de ordem r por s ; I é a matriz de identidade de ordem r por r ; e σ_e^2 = variância residual. Considerando que a variável na distribuição subjacente não é observável, adota-se a parametrização $\sigma_e^2 = 1$ (Gianola & Sorensen, 2002). Essa pressuposição é padrão em análises para dados categóricos sob modelo de limiar. A probabilidade condicional que y_i caia na categoria j ($j = 1, 2, 3, 4, 5$), dado os vetores β , a , e t ($t = t_{\min}, t_1, \dots, t_{j-1}, t_{\max}$), é apresentada como:

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

As características categóricas são determinadas por variáveis contínuas não-observáveis, em escala subjacente, fixando valores iniciais de limiares, em que $t_1 < t_2 \dots < t_{j-1}$, com $t_0 = -\infty$ e $t_j = \infty$, em que j é o número de categorias. Os dados observáveis são dependentes da variável subjacente, que é limitada entre dois limiares não-observáveis (Gianola & Foulley, 1983). Assim, as categorias ou os escores de y_i (características morfológicas) para cada animal i são definidos por U_i na escala subjacente:

$$y_i = \begin{cases} 1 & t_0 < U_i \leq t_1 \\ 2 & t_1 < U_i \leq t_2 \\ 3 & t_2 < U_i \leq t_3 \\ 4 & t_3 < U_i \leq t_4 \\ 5 & t_4 < U_i \leq t_5 \end{cases} \quad i = 1, \dots, n$$

em que n é o número de observações. Após as especificações dos limiares t_0 a t_5 , é necessário que um dos limiares (de t_1 a t_4) seja ajustado a uma constante arbitrária. Neste estudo, assumiu-se $t_1 = 0$, de modo que o vetor de limiares estimáveis foi definido como:

$$t = \begin{bmatrix} t_2 \\ t_3 \\ t_4 \end{bmatrix}$$

Para as análises bicaracterísticas entre categóricas e contínuas, de acordo com o enfoque bayesiano, admitiu-se que as distribuições iniciais dos efeitos aleatórios genéticos, não-correlacionados e residuais, seguem distribuição normal multivariada conforme representado a seguir:

$$p\left(\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} | G\right) \sim N\left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, G = G_0 \otimes A\right) \quad c \sim N(0, I\sigma_c^2) \quad p\left(\begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} | R\right) \sim N\left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, R = R_0 \otimes I\right)$$

em que G_0 = matriz de variâncias e covariâncias genéticas; R_0 = matriz de variâncias residuais; $\otimes$ = operador do produto direto; A = matriz de parentesco; e I = matriz identidade.

Assumiram-se distribuições iniciais das variâncias como uma Wishart invertida para os efeitos aleatórios genéticos, não-correlacionados e residuais das características estudadas, inclusive a covariância entre elas. Foram definidas distribuições iniciais uniformes tanto para os efeitos fixos como para os limiares. O grau de liberdade correspondente à distribuição Wishart invertida (parâmetro v) que indica o grau de confiabilidade da distribuição inicial foi assumido como zero.

Na implementação da Amostragem de Gibbs, utilizou-se um tamanho de cadeia inicial de 500.000 ciclos; os primeiros 100.000 ciclos foram descartados e as amostras, retiradas

a cada 1.000 ciclos, totalizando 400 amostras iniciais. Em seguida, deu-se continuidade à análise, adicionando 100.000 ciclos a cada rodada até que não houvesse mais alterações nas estimativas, com precisão admitida de 0,0010. As análises das distribuições das amostras, da correlação serial e da convergência da cadeia de Gibbs foram realizadas com o auxílio do programa GIBANAL (Van Kaam, 1998).

Foram utilizados tamanhos de cadeia de Gibbs de 500.000 até 700.000 ciclos na obtenção das estimativas de correlação genética entre as características morfológicas e as de carcaça, além da altura da garupa, considerando análises bayesianas bicaracterísticas (Janss & Foulley, 1993) sob modelo animal linear-limiar.

Após várias tentativas, algumas análises genéticas entre características morfológicas e as de carcaça não atingiram a convergência da cadeia de Gibbs, ocorrendo o “*blowing up*” citado por Varona et al. (1999). Assim, com o objetivo de superar este problema, assumiu-se como fixo o valor inicial do componente de variância referente ao efeito aleatório de grupo de contemporâneos e o parâmetro ν refletia algum grau de conhecimento sobre a distribuição inicial dos componentes de covariância.

O erro de Monte Carlo foi estimado calculando-se a variância das amostras dos coeficientes de herdabilidade para cada característica e dividindo-se esta variância pelo

número de amostras (Van Tassel et al., 1998). Assim, a raiz quadrada desse valor é uma aproximação do desvio-padrão do erro associado com o tamanho da cadeia de Gibbs.

Resultados e Discussão

O desvio-padrão do erro de Monte Carlo foi muito pequeno para todas as análises bicaracterísticas (Tabela 4), o que indica que a convergência foi alcançada pela cadeia de Gibbs. Esse erro é considerado pequeno quando seu valor somado à estimativa média da distribuição posterior dos coeficientes de herdabilidade não altera o valor desta estimativa, considerando até a segunda casa decimal da correlação genética (Van Tassel & Van Vleck, 1996).

As estimativas de correlação genética apresentaram grande variação nos intervalos de confiança, exceto para a área de olho-de-lombo. A amplitude dos intervalos de confiança permite inferir, com maior confiabilidade, sobre as estimativas obtidas (Silva et al., 2003a). Em análises bayesianas, inferências são realizadas diretamente da distribuição *a posteriori* e baseiam-se apenas nos dados disponíveis e na distribuição *a priori*. Ressalta-se que, para as análises bicaracterísticas considerando as características morfológicas aos 15 e 22 meses de idade, somente 39% e 30% dos animais avaliados, respectivamente, possuíam dados para ambas as características.

Tabela 4 - Estatística descritiva das estimativas de correlação genética das características área de olho-de-lombo e espessura de gordura subcutânea e espessura de gordura subcutânea na garupa com as características de musculossidade, estrutura física, conformação e sacro, avaliadas aos 15 e 22 meses de idade em bovinos da raça Nelore

Característica	Média	Moda	Mediana	IC (95%)	EMC ^{DP}
Área de olho-de-lombo					
+ Musculossidade ₁₅	0,94	0,99	0,95	0,85 a 0,99	0,0019
+ Estrutura física ₁₅	0,93	0,97	0,95	0,74 a 0,99	0,0029
+ Conformação ₁₅	0,91	0,92	0,91	0,85 a 0,95	0,0012
+ Musculossidade ₂₂	0,87	0,88	0,89	0,80 a 0,91	0,0013
+ Estrutura física ₂₂	0,91	0,92	0,92	0,91 a 0,99	0,0022
+ Conformação ₂₂	0,85	0,86	0,85	0,77 a 0,90	0,0014
Espessura de gordura					
+ Musculossidade ₁₅	0,41	0,42	0,41	0,09 a 0,65	0,0066
+ Estrutura física ₁₅	0,05	0,10	0,07	-0,42 a 0,51	0,0114
+ Conformação ₁₅	0,14	0,20	0,15	-0,42 a 0,67	0,0122
+ Musculossidade ₂₂	0,45	0,44	0,46	0,13 a 0,70	0,0065
+ Estrutura física ₂₂	0,45	0,48	0,46	0,16 a 0,69	0,0060
+ Conformação ₂₂	0,50	0,53	0,52	0,10 a 0,72	0,0063
Espessura de gordura subcutânea na garupa					
+ Musculossidade ₁₅	0,16	0,26	0,18	-0,21 a 0,50	0,0077
+ Estrutura física ₁₅	-0,24	-0,34	-0,26	-0,62 a 0,21	0,0097
+ Conformação ₁₅	-0,03	-0,02	0,02	-0,44 a 0,51	0,0117
+ Sacro ₁₅	0,38	0,49	0,40	0,06 a 0,64	0,0070
+ Musculossidade ₂₂	0,48	0,53	0,48	0,26 a 0,68	0,0049
+ Estrutura física ₂₂	0,02	0,00	0,02	-0,34 a 0,37	0,0076
+ Conformação ₂₂	0,44	0,52	0,44	0,18 a 0,66	0,0056
+ Sacro ₂₂	0,34	0,40	0,36	0,01 a 0,62	0,0071

IC = intervalo de confiança a 95%; EMC^{DP} = desvio-padrão do erro de Monte Carlo.

As estimativas médias de correlação genética foram de alta magnitude para todas as características morfológicas (Tabela 4). Esses resultados indicam que essas características são determinadas, em grande parte, pelos mesmos conjuntos de genes de ação aditiva e que a seleção de uma trará, simultaneamente, progresso genético para a outra.

As estimativas de correlações genéticas entre área de olho-de-lombo e as características morfológicas avaliadas aos 15 meses foram ligeiramente maiores que as obtidas para as características morfológicas avaliadas aos 22 meses de idade, o que está relacionado à definição das curvas de crescimento alométrico, uma vez que o esqueleto se desenvolve mais cedo, seguido pela musculatura e finalmente pelo tecido adiposo (Sainz, 2001). Assim, animais mais jovens tendem a desenvolver primeiramente a musculatura e, posteriormente, a espessura de gordura subcutânea. Albuquerque & Oliveira (2002) estimaram correlações genéticas entre as características de carcaça medidas por ultrassonografia com as morfológicas, avaliadas visualmente para conformação, precocidade e musculabilidade em bovinos da raça Nelore. As estimativas obtidas foram moderadas para AOL com conformação (0,57), precocidade (0,56) e musculabilidade (0,63).

De acordo com os resultados obtidos, animais com melhor distribuição e volume de massas musculares (musculabilidade), ossatura mais adequada para sustentação (estrutura física) e desenvolvimento equilibrado do esqueleto (conformação) podem apresentar maior rendimento de carcaça. As características morfológicas estão diretamente associadas às características de crescimento, o que explica, em parte, as altas correlações genéticas entre os escores visuais e a área de olho-de-lombo.

A característica espessura de gordura é muito importante, pois uma carcaça de qualidade deve apresentar quantidade de gordura suficiente para garantir sua preservação e características desejáveis ao consumo (Cundiff et al., 1993). As estimativas de correlação genética de espessura de gordura foram moderadas com musculabilidade aos 15 e aos 22 meses, estrutura física aos 22 meses e conformação aos 22 meses (Tabela 4), mas muito pequena e próxima de zero com conformação aos 15 meses e estrutura física aos 15 meses, respectivamente. No entanto, foram positivas para todas as características morfológicas, o que indica que a seleção para musculabilidade, estrutura física ou conformação não causa antagonismo no melhoramento genético para espessura de gordura. Esses resultados corroboram relatos de Albuquerque & Oliveira (2002), que encontraram estimativas de correlação genética de baixa magnitude para espessura de gordura com as características morfológicas de musculabilidade,

conformação e precocidade. Robertson (1959) sugeriu que, quando a correlação genética entre duas características é abaixo de 0,80, ambas devem ser consideradas nos programas de seleção. A espessura de gordura é uma característica indicadora de precocidade sexual, e animais avaliados aos 15 meses de idade criados em regime de pastejo podem não desenvolver essa característica. Aos 22 meses de idade, as estimativas de correlações genéticas entre os escores visuais e a espessura de gordura foram ligeiramente maiores, confirmando a influência do sistema de criação dos animais avaliados neste estudo, que, aos 22 meses de idade, apresentaram melhor expressão da espessura de gordura.

A EGP8 é uma característica interessante para animais criados em pastagem por ter deposição mais precoce que a gordura nas costelas e por possuir melhor acurácia e repetibilidade de mensuração em comparação à espessura de gordura (Silva et al., 2003c; Yokoo et al., 2008). As estimativas obtidas para as correlações genéticas foram pequenas, porém positivas, para todas as características morfológicas avaliadas, exceto para estrutura física e conformação aos 15 meses, em que as estimativas foram nula e negativa, respectivamente (Tabela 4). De acordo com Sainz (2001), animais de grande porte crescem mais rapidamente e tendem ter menos gordura que os de menor porte, em uma mesma condição de criação, na mesma idade (animais jovens) e em mesmo peso corporal não-elevado. Como as características morfológicas de estrutura física e conformação possuem alguma relação com o porte dos animais, isso pode explicar as estimativas de correlações genéticas nula e negativa de estrutura física e conformação aos 15 meses de idade com EGP8, uma vez que essas características morfológicas também foram coletadas em animais mais jovens. Conforme relatado por Silva et al. (2003c) e Yokoo et al. (2008), a EGP8 é uma característica indicadora de maturidade sexual e apresenta desenvolvimento mais precoce que a espessura de gordura. As estimativas de correlações genéticas entre sacro aos 15 meses e sacro aos 22 meses com a EGP8 indicam que a seleção para essas características ocasiona resposta correlacionada favorável com a EGP8.

Os valores obtidos neste estudo para as estimativas de herdabilidade para as características de carcaça foram coerentes com os encontrados na literatura para bovinos da raça Nelore (Figueiredo et al., 2000; Albuquerque & Oliveira, 2002; Barbosa, 2005; Magnabosco et al., 2006; Yokoo et al., 2008). O mesmo foi observado para as características morfológicas (Eler et al., 1996; Cardoso et al., 2001; Koury Filho, 2005; Kippert et al., 2006; Faria et al., 2009).

As estimativas de correlação genética foram praticamente nulas entre altura na garupa, musculabilidade

aos 15 e 22 meses de idade (Tabela 5), o que está de acordo com relatos de Waldner et al. (1992), que, estudando características de carcaça medidas por ultrassom, estimaram correlações genéticas baixas e próximas de zero entre a altura na garupa e a área de olho-de-lombo em animais da raça Brangus. Esses resultados parecem indicar que animais de maior porte tendem a apresentar menor desenvolvimento de massas musculares e menor rendimento de carcaça. Além disso, animais de maior porte parecem mais tardios em acabamento de carcaça (ABCZ, 2003). No entanto, para estrutura física e conformação, avaliadas aos 15 e 22 meses de idade, as estimativas de correlação genética foram moderadas a altas. Esses resultados sugerem que a seleção para a estrutura física e conformação pode levar à seleção de indivíduos com maior altura na garupa. Ressalta-se que as estimativas de herdabilidade obtidas neste estudo indicaram que esta característica deve responder à seleção massal, conforme resultados obtidos por diversos autores (Vargas et al., 2000; Cyrillo et al., 2001; Riley et al., 2002; Silva et al., 2003b).

De acordo com os resultados, as características morfológicas avaliadas aos 15 e 22 meses de idade podem ser empregadas como critérios de seleção com o propósito de aumentar a frequência de genes desejáveis para a área de olho-de-lombo e melhorar o rendimento de carcaça. As características morfológicas podem auxiliar os programas de melhoramento na busca por animais com maior musculatura e terminação precoce (Yokoo et al., 2008). Atualmente, a técnica da ultrassonografia tem se mostrado excelente ferramenta para avaliar características de carcaça: é uma forma rápida de coleta de dados, não-invasiva, e consiste em uma técnica confiável e acurada (Perkins et al., 1992), porém a avaliação visual é mais barata e de fácil aplicação.

Na literatura, consta somente um trabalho (Albuquerque & Oliveira, 2002) sobre estimativas de correlações genéticas entre características morfológicas avaliadas por escores visuais e as características de carcaça medidas por ultrassonografia na raça Nelore. São necessários, portanto, mais estudos que permitam inferências mais seguras sobre essas estimativas.

Tabela 5 - Estatística descritiva das estimativas de correlação genética entre a altura na garupa e musculabilidade, estrutura física e conformação avaliadas aos 15 e 22 meses de idade em bovinos da raça Nelore

Característica	Média	Moda	Mediana	IC (95%)	EMC ^{DP}
Musculabilidade ₁₅	0,08	0,04	0,08	-0,32 a 0,42	0,0084
Estrutura física ₁₅	0,77	0,79	0,78	0,62 a 0,88	0,0033
Conformação ₁₅	0,62	0,69	0,65	0,22 a 0,85	0,0068
Musculabilidade ₂₂	-0,08	-0,10	-0,08	-0,42 a 0,30	0,0084
Estrutura física ₂₂	0,71	0,73	0,73	0,45 a 0,84	0,0043
Conformação ₂₂	0,63	0,65	0,64	0,44 a 0,78	0,0041

IC: intervalo de confiança a 95%; EMC^{DP}: desvio-padrão do erro de Monte Carlo.

Conclusões

Os escores visuais para musculabilidade, estrutura física e conformação podem ser usados como critérios de seleção no intuito de obter progresso genético para a característica área de olho-de-lombo e maior rendimento de carcaça. A seleção direta para musculabilidade permite a obtenção de ganho genético para o acabamento de carcaça de bovinos da raça Nelore. A seleção para a estrutura física e conformação aos 15 e 22 meses de idade promove resposta correlacionada para aumento da altura na garupa.

Agradecimentos

À ANCP, ao Departamento de Genética e Melhoramento da UNESP/Jaboticabal, à Escola de Veterinária da UFG e à Embrapa Arroz e Feijão pelo apoio técnico-científico, e ao CNPq pelo suporte financeiro.

Agradecemos também, em especial, ao Dr. José Benedito de Freitas Trovo pela revisão deste trabalho.

Literatura Citada

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE ZEBU - ABCZ. **Programa de melhoramento genético das raças zebuínas**. Uberaba: ABCZ, 2003. 98p.
- ALBUQUERQUE, L.G.; OLIVEIRA, H.N. Genetic parameter estimates for ultrasound measurements and visual scores in Nelore cattle. In: ANNUAL MEETING OF THE EAAP, 53., 2002, Cairo. **Proceedings...** Cairo: EAAP, 2002. (CD-ROM).
- BARBOSA, V. **Inferência bayesiana no estudo genético quantitativo de características de carcaça, utilizando a técnica de ultra-sonografia, e suas relações com o peso e perímetro escrotal, em novilhos da raça Nelore**. 2005. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005.
- BEEF IMPROVEMENT FEDERATION - BIF. **Guidelines for uniform beef improvement programs**. 8.ed. Manhattan: Kansas State University, 2006. 165p.

- CARDOSO, F.F.; CARDELLINO, R.A.; CAMPOS, L.T. Fatores ambientais sobre escores de avaliação visual a desmama em bezerros Angus criados no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.318-325, 2001.
- CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M.; GREGORY, K.E. et al. Characteristics of diverse breeds in cycle IV of the cattle germoplasm evaluation program. **Beef Research-Progress Report**, v.4, p.63-71, 1993.
- CYRILLO, J.N.S.G.; RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A. et al. Estimativas de tendências e parâmetros genéticos do peso padronizado aos 378 dias de idade, medidas corporais e perímetro escrotal de machos Nelore de Sertãozinho, SP. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.56-65, 2001.
- ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S.; SILVA, P.R. Parâmetros genéticos para peso, avaliação visual e circunferência escrotal na raça Nelore, estimados por modelo animal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.48, n.2, p.203-213, 1996.
- FARIA, C.U.; KOURY FILHO, W.; MAGNABOSCO, C.U. et al. Bayesian inference in genetic parameter estimation of visual scores in Nelore beef-cattle. **Genetics and Molecular Biology**, v.32, p.753-760, 2009.
- FIGUEIREDO, L.G.G.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. et al. Componentes de variância para área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea. In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 3., 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBMA, 2000. p.385-387.
- GIANOLA, D.; FOULLEY, J.L. Sire evaluation for ordered categorical data with a threshold model. **Genetic Selection Evolution**, v.15, p.201-224, 1983.
- GIANOLA, D.; SORENSEN, D. **Likelihood, bayesian, and MCMC methods in quantitative genetics**. 2.ed. Statistics for Biology and Health: Springer, 2002. 740p.
- JANSS, J.L.; FOULLEY, J.L. Bivariate analysis for one continuous and one threshold dichotomous trait with unequal design matrices and an application to birth weight and calving difficulty. **Livestock Production Science**, v.33, p.183-198, 1993.
- KIPPERT, C.J.; RORATO, P.R.N.; CAMPOS, L.T. et al. Efeito de fatores ambientais sobre escores de avaliação visual a desmama e estimativa de parâmetros genéticos, para bezerros da raça Charolês. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.579-585, 2006.
- KOURY FILHO, W. **Escore visual e suas relações com características de crescimento em bovinos de corte**. 2005. 80f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.
- LÔBO, R.B. **Programa de melhoramento genético da raça Nelore**. Ribeirão Preto: FINEP, 1996. 100p.
- LUO, M.F.; BOETTCHER, P.J.; SCHAEFFER, L.R. et al. Estimation of genetic parameters of calving ease in first and second parities of Canadian Holsteins using Bayesian methods. **Livestock Production Science**, v.74, p.175-184, 2002.
- MAGNABOSCO, C.U.; SAINZ, R.D.; FARIA, C.U. et al. Avaliação genética e critérios de seleção para características de carcaça em zebuínos: relevância econômica para mercados globalizados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 2006, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG, 2006. p.239-271.
- MAY, G.S.; MIES, W.L.; EDWARDS, J.W. et al. Effect of frame size, muscle score and external fatness on live and carcass value of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3311-3316, 1992.
- MORENO, C.; SORENSEN, D.; GARCIA-CORTÉS, L.A. et al. On biased inferences about variance components in the binary threshold model. **Genetic Selection Evolution**, v.29, p.145-160, 1997.
- PERKINS, T.L.; GREEN, R.D.; HAMLIN, K.E. et al. Ultrasonic prediction of carcass merit in beef cattle: evaluation of technician effects on ultrasonic estimates of carcass fat thickness and longissimus muscle area. **Journal of Animal Science**, v.70, p.2758-2765, 1992.
- RILEY, D.G.; CHASE JR, C.C.; HAMMOND, A.C. et al. Estimated genetic parameters for carcass traits of Brahman cattle. **Journal of Animal Science**, v.80, p.955-962, 2002.
- ROBERTSON, A. The sampling variance of the genetic correlation coefficient. **Biometrics**, v.15, p.469-485, 1959.
- SAINZ, R.D. Tipificação de carcaças de bovinos e suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNE, 1., 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Editora do Centro de Tecnologia de Carnes, 2001. Disponível em: <http://www.aval-online.com.br>. Acesso em: 20/2/2007.
- SILVA, J.A.V.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. et al. Análise genética da habilidade de permanência em fêmeas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.598-604, 2003a.
- SILVA, J.A.V.; VAN MELIS, M.H.; ELER, J.P. et al. Estimação de parâmetros genéticos para probabilidade de prenhez aos 14 meses e altura na garupa em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1141-1146, 2003b.
- SILVA, S.L.; LEME, P.R.; PUTRINO, S.M. et al. Estimativa do peso e do rendimento de carcaça de tourinhos Brangus e Nelore, por medidas de ultra-sonografia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1227-1235, 2003c.
- SORENSEN, D.A.; ANDERSEN, S.; GIANOLA, D. et al. Bayesian inference in threshold models using Gibbs sampling. **Genetic Selection Evolution**, v.27, p.229-249, 1995.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **SAS OnlineDoc® 9.1.3**. Cary: SAS Institute Inc., 2004.
- VAN TASSELL, C.P.; VAN VLECK, L.D. Multiple-trait Gibbs sampler for animal models: flexible programs for Bayesian and likelihood-based (co)variance component inference. **Journal of Animal Science**, v.74, p.2586-2597, 1996.
- VAN TASSELL, C.P.; VAN VLECK, L.D.; GREGORY, K.E. Bayesian analysis of twinning and ovulation rates using a multiple - Trait Threshold Model and Gibbs sampling. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2048 -2061, 1998.
- VAN KAAM, J.B.C.H.M. **Gibanal 2.9**: Analyzing program for Markov Chain Monte Carlo Sequences. Wageningen: Department Ani. Sci., Wageningen Agricultural University, 1998.
- VARGAS, C.A.; ELZO, M.A.; CHASE, C.C. et al. Genetic parameters and relationship between hip height and weight in Brahman cattle. **Journal of Animal Science**, v.78, p.3045-3052, 2000.
- VARONA, L.; MIZTAL, I.; BERTRAND, J.K. Threshold-linear versus linear-linear analysis of birth weight and calving ease using an animal model: I. Variance Component Estimation. **Journal of Animal Science**, v.77, p.1994-2002, 1999.
- WALDNER, D.N.; DIKERMANN, M.E.; SCHALLES, R.R. et al. Validation of real-time ultrasound technology for predicting fat thickness, longissimus muscle areas and composition of Brangus bulls from 4 months to 2 years age. **Journal of Animal Science**, v.70, p.973-983, 1992.
- YOKOO, M.J.; ALBUQUERQUE, L.G.; LOBO, R.B. et al. Genetic and environmental factors affecting ultrasound measures of longissimus muscle area and backfat thickness in Nelore cattle. **Livestock Science**, v.117, p.147-154, 2008.