

INFERÊNCIA BAYESIANA NA PREDIÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS ANDROLÓGICAS DE TOUROS NELORE

Bruno Carlos Pires¹, Marco Antônio de Oliveira Viu², Dyomar Toledo Lopes³, Cintia Maria Gonçalves Oliveira⁴, Claudio de Ulhôa Magnabosco⁵, José Benedito de Freitas Trovo⁶

¹ Graduando em Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, brunopires01@hotmail.com

² Professor Adjunto, Universidade Federal de Goiás, marcoviu@yahoo.com.br

³ Professor Adjunto, Universidade Federal de Goiás, dyomix@yahoo.com.br

⁴ Médica Veterinária titular da Precoce, cintiaprecoce@hotmail.com

⁵ Pesquisador, Embrapa Cerrados, mclaudio@cpac.embrapa.br

⁶ Pesquisador, Embrapa Cenargem, trovo@cnpaf.embrapa.br

Palavras-chave: andrologia, melhoramento genético, amostragem de gibbs, reprodução

INTRODUÇÃO

Na exploração de bovinos de corte a eficiência reprodutiva tem papel fundamental para a viabilidade econômica do sistema de produção. Rebanhos com taxas de fertilidade elevadas e sexualmente precoces apresentam maior taxa de desfrute, resultando em maior número de animais para a comercialização e seleção (LOPES et al., 2009).

A seleção de machos utilizados como reprodutores é uma das etapas mais importantes. A presença física de um reprodutor dificilmente ultrapassa 5%, no entanto, ele transmite 50% dos seus genes e serve um grande número de fêmeas (VIU, 2009).

KASTELIC et al. (2009) destacaram que nos rebanhos, são poucos os machos estéreis, porém existe uma grande variação na fertilidade desses animais. Segundo VIU (2009), o criador pode fazer uso da avaliação andrológica para identificar a variação da fertilidade dos animais. Esse exame avalia a qualidade seminal do touro e permite identificar aqueles animais que realmente estão aptos à reprodução. A seleção desses animais promoveria uma melhoria do desempenho reprodutivo do rebanho e, conseqüentemente, da lucratividade média por animal nascido.

Em se tratando de melhoramento genético a principal característica reprodutiva utilizada como critério de seleção de reprodutores é o perímetro escrotal (PE). Vários trabalhos mostram que essa característica possui correlações genéticas com características quali-quantitativas do sêmen (QUIRINO et al., 2004; DIAS et al., 2006; DIAS et al., 2008; VIU, 2009; LOPES et al., 2011), com idade à puberdade em machos e fêmeas (PEREIRA et

al., 2000; CORRÊA et al., 2006) e com as características de crescimento (KEALEY et al., 2006). No entanto, segundo BAILEY et al. (1998), o PE é uma medida indireta da massa testicular que não considera a variação individual na forma dos testículos e na qual a espessura da parede da bolsa escrotal é erroneamente somada.

Na preocupação de aumentar a precisão da escolha de reprodutores, novas características estão sendo estudadas além do PE como, por exemplo, o volume testicular médio (VTM) (BAILEY et al., 1996; UNANIAN et al., 2000). Neste contexto, seria de extrema importância conhecer os componentes de (co)variância e parâmetros genéticos para tais características, verificando assim a possibilidade de sucesso na seleção.

Segundo FARIA et al. (2007), as metodologias de avaliação genética devem ser corretamente aplicadas para que os parâmetros e valores genéticos possam ser precisos e, assim, realmente representar um instrumento eficaz ao selecionar na busca do progresso genético do rebanho.

A inferência bayesiana é uma metodologia relativamente nova e que vem sendo bastante usada nas avaliações genéticas. Vários aplicativos já estão disponíveis para o uso dessa metodologia como MTGSAM (VAN TASSEL et al., 1998), DMU (MADSON et al., 2006) e THRGIBBS1F90 (TSURUTA & MIZTAL, 2006).

OBJETIVOS

Objetivou-se com este estudo, estimar parâmetros genéticos de características indicadoras de desempenho reprodutivo de machos da raça Nelore, com idade entre 17 e 24 meses, criados na região Centro-Oeste do Brasil, com utilização da inferência bayesiana. As características estudadas foram as de biometria testicular PE, VTM e as características qualiquantitativas do sêmen, tais como: defeitos espermáticos maiores (DMA); menores (DME); e totais (DT).

METODOLOGIA

O conjunto de dados deste trabalho foi obtido em quatro fazendas localizadas no Centro-Oeste do Brasil, descritas a seguir:

a) Fazenda São Luiz, de propriedade da Carpa Agropecuária, localizada no município de Barra do Garças – MT, fazenda participante do programa Nelore Brasil, conduzido pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). A propriedade está localizada geograficamente na altura do paralelo 15° 9', latitude sul e meridiano 52° 4', longitude oeste e tem como principal atividade a exploração da pecuária de corte. A região caracteriza-se pelo

clima tropical semi-úmido, com temperaturas médias variando entre 17 e 23 °C (mínimas) e entre 33 e 40 °C (máximas). A umidade relativa do ar ficou em torno de 70 a 85% nos meses chuvosos e chegou a 15% nos meses secos (Estação Meteorológica Aragarças – GO).

b) Estância São José, localizada no município de Jataí - GO. A propriedade encontra-se na altura do paralelo 17° 52', latitude sul e meridiano 51° 42', longitude oeste e a principal atividade é a agricultura. A região caracteriza-se pelo clima tropical mesotérmico, com temperaturas médias variando entre -5 e 18 °C (mínimas) e 27 e 38 °C (máximas).

c) Fazenda Capivara, do Centro Nacional de Pesquisa em Arroz e Feijão - CNPAF, Embrapa Arroz e Feijão, localizado no município de Santo Antônio de Goiás - GO, na altura do paralelo 16° 28', latitude sul e meridiano 49° 17', longitude oeste, a 823 m de altitude. A região caracteriza-se pelo clima tropical de savana, com temperaturas variando entre 11 e 21 °C (mínimas) e entre 28 e 34 °C (máximas). A umidade relativa do ar oscilou de 70 a 85% nos meses chuvosos e chegou a 40% nos meses secos (Estação Meteorológica do CNPAF).

d) Fazenda Princesa do Barreirão, localizada no município de Doverlândia - GO. A propriedade encontra-se localizada geograficamente na altura do paralelo 16° 43', latitude sul e meridiano 52° 19', longitude oeste e tem como principal atividade a pecuária. A região caracteriza-se pelo clima tropical semi-úmido, com temperaturas médias variando entre 17 e 23 °C (mínimas) e entre 33 e 40 °C (máximas).

Na fazenda Princesa do Barreirão e Estância São José, o manejo dos animais era conduzido de forma extensiva, sendo esses mantidos exclusivamente em pastagens de capim-marandú (*Brachiaria brizantha* Hochst A. Rich. Stapf. cv. Marandú), recebendo suplementação mineral *ad libitum* durante todo o ano. Já na fazenda São Luís, os animais foram mantidos em pastagens de capim-marandú e *Brachiaria decumbens* Stapf. Prain, recebendo suplementação mineral *ad libitum* durante o período chuvoso e mistura protéico energética comercial com 46% de proteína bruta e consumo médio de 200 g por dia durante o período seco.

Na fazenda Capivara os animais foram mantidos exclusivamente a pasto, em sistema de pastejo rotacionado com pastagens de capim-marandú e capim-xaraés (*Brachiaria brizantha* A. Rich. Stapf. cv. Xaraés), recebendo suplementação mineral *ad libitum* com 88 g de fósforo durante o período chuvoso e mistura protéico-energética comercial com 46% de proteína bruta, com consumo médio de 160 g por dia durante o período seco.

Em todos os campos experimentais o calendário de vacinação foi cumprido de acordo com o previsto para a região e continha as vacinações obrigatórias pela legislação brasileira, bem como contra paratifo, clostridioses, leptospirose, raiva, rinotraqueíte infecciosa

e diarreia bovina a vírus. O controle de ectoparasitas era feito quando necessário e o de endoparasitas seguia a estratégia de três desverminações ao longo do ano.

Os touros foram submetidos ao exame clínico geral e do sistema reprodutor de acordo com as recomendações do Colégio Brasileiro de Reprodução Animal (CBRA, 1998), incluindo a medição do PE com o uso de fita métrica no maior diâmetro da bolsa testicular. As medidas de comprimento e largura dos testículos foram obtidas com o uso do paquímetro digital Starret® cat. nº 727-6/150.

O sêmen foi colhido pela técnica de eletroejaculação e uma alíquota foi avaliada imediatamente para motilidade individual progressiva (0 a 100%), vigor (0 a 5) e turbilhonamento (0 a 5), todos em microscopia óptica com aumento de 100 vezes. Quando a avaliação de um ejaculado de aspecto branco cremoso, que era considerado como representativo de concentração espermática dentro dos padrões de normalidade (CBRA, 1998), apresentava motilidade abaixo de 50%, esse touro era submetido imediatamente a nova colheita, sendo a morfologia espermática realizada com o segundo ou até mesmo o terceiro ejaculado. Após isso, para aqueles que apresentaram motilidade espermática superior a 50%, foi realizada a avaliação da morfologia espermática, usando microscopia de contraste de fase em aumento de 1.000 vezes, classificando, as patologias espermáticas em DMA; DME; e DT, segundo preconizado pelo Colégio Brasileiro de Reprodução Animal (CBRA, 1998).

Com base nas informações obtidas, os touros foram classificados em: 1) aptos à reprodução (motilidade $\geq 50\%$; vigor ≥ 3 ; e DT $< 30\%$) e 2) imaturos (motilidade $< 50\%$, vigor < 3 ou defeitos $> 30\%$, desde que fosse detectada alta contagem de gotas citoplasmáticas proximais).

As informações foram trabalhadas de modo a se obter um conjunto de dados estruturado, que permitisse o início das análises preliminares. As informações obtidas a campo foram tabuladas em planilhas eletrônicas.

Os testículos foram classificados segundo a forma para posterior cálculo do volume testicular. Para o formato testicular, foram adotados os critérios utilizados por Bailey et al. (1996) e Bailey et al. (1998) a partir da razão entre largura e comprimento testicular médio (razão/comprimento). Os testículos foram classificados em cinco classes: longo (razão $\leq 0,5$), longo-moderado (razão de 0,51 a 0,625), longo-oval (razão de 0,626 a 0,750), oval-esférico (razão de 0,751 a 0,875) e esférico (razão $\geq 0,875$).

Após determinação do formato testicular calculou-se o volume testicular. Para testículos em formato cilíndrico (longo, longo-moderado e longo-oval) calculou-se o volume pela fórmula preconizada por FIELDS et al. (1979):

$$VT = 2[(r^2) * \pi * L]$$

onde **VT** é o volume testicular, **r** o raio da largura testicular, **π** a constante pi e **L** o comprimento testicular.

Para testículos com formato esférico (quando as gônadas foram classificadas como ovóide-esférico e esférico), foi utilizada a fórmula preconizada por BAILEY et al. (1998):

$$VT = 4/3(\pi) * (L/2) * (W/2)^2$$

onde **VT** é o volume testicular, **L** o comprimento testicular, **W** a largura testicular e **π** a constante pi. O volume testicular médio foi a média aritmética do volume dos testículos esquerdo e direito.

Em seguida foram criados grupos contemporâneos definidos como animais nascidos na mesma época (1 = verão, 2 = outono, 3 = inverno e 4 = primavera) e avaliados na mesma fazenda e na mesma data.

Os animais foram então agrupados em classes de idade, sendo: Classe Um (C1) - touros até 20 meses de idade; e Classe Dois (C2) - touros de 21 a 24 meses de idade.

O conjunto de dados deste trabalho foi obtido de 1.265 avaliações andrológicas realizadas em touros Nelore criados extensivamente na região Centro-Oeste do Brasil.

Para a realização das análises genéticas foram impostas restrições ao banco de dados, objetivando-se manter somente dados andrológicos de primeira coleta, para se estimar as variâncias genética aditiva, fenotípica e residual. Também foram retirados do banco de dados inicial aqueles animais sem dados de pai e mãe confiáveis. Ainda para melhor interpretação dos dados, foram feitas restrições em que se excluíram touros com menos de cinco filhos, grupos contemporâneos com menos de oito indivíduos e grupos contemporâneos sem variabilidade.

As análises de crítica e consistência dos dados foram realizadas por meio do procedimento UNIVARIATE (SAS, 2000) para determinar se os erros experimentais das variáveis possuíam distribuição normal de probabilidade e homogeneidade de variância. Foram realizadas análises de variância utilizando-se o método dos quadrados mínimos por meio do procedimento GLM (SAS, 2000). As médias ajustadas foram obtidas através da opção “statement” LSMEANS do procedimento GLM. Para estas análises usou-se o modelo, cuja equação é:

$$Y_{ijk} = \mu + GC_i + AC_j + e_{ijk}$$

onde: \mathbf{Y}_{ijk} é a observação do animal k , pertencente ao i -ésimo grupo contemporâneo e coletado no j -ésimo ano; \mathbf{GC}_i é o efeito fixo do i -ésimo grupo contemporâneo; \mathbf{AC}_j é o efeito fixo do j -ésimo ano de coleta; e \mathbf{e}_{ijk} é o erro aleatório associado a cada observação ijk , pressuposto normalmente distribuído e independente com média zero e variância σ^2 .

A idade do animal na data da respectiva avaliação andrológica foi incluída no modelo como covariável.

Na estimação dos parâmetros genéticos, utilizou-se a inferência bayesiana por meio do software THRGIBBS1F90 (TSURUTA & MIZTAL, 2006), sob modelo animal.

Para as características estudadas, foram considerados como efeitos fixos o grupo de contemporâneos e o ano de coleta, além da idade do animal no momento da coleta como covariável. O modelo completo pode ser representado em notação matricial como:

$$y = Xb + Za + e$$

em que y é o vetor das observações (características andrológicas), X é a matriz de incidência que relaciona o vetor dos efeitos fixos às observações, b é o vetor dos efeitos fixos (data da coleta e grupo contemporâneo, além da covariável idade do animal no momento da coleta), Z é a matriz de incidência que relaciona os efeitos genéticos aditivos diretos às observações, a é o vetor dos efeitos aleatórios que representam os valores genéticos aditivos direto de cada animal, e é o vetor de efeitos aleatórios residuais. O arquivo de genealogia incluiu 2.224 animais da raça Nelore.

Análises univariadas foram realizadas com o intuito de obter as estimativas de componentes de variância. Posteriormente, procedeu-se análises bivariadas, e obteve-se assim, as variâncias e covariâncias, as correlações genéticas aditivas e residuais e as herdabilidades das características em estudo.

Para as análises bayesianas admitiu-se que os efeitos aleatórios genéticos e residuais, possuem distribuição normal multivariada conforme representado a seguir:

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

$$G_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{a_1}^2 & \sigma_{a_1 a_2} \\ \sigma_{a_1 a_2} & \sigma_{a_2}^2 \end{bmatrix} \quad R_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{e_1}^2 & 0 \\ 0 & \sigma_{e_2}^2 \end{bmatrix}$$

em que:

em que G_0 é a matriz de variâncias e covariâncias genéticas, R_0 é a matriz de variâncias e covariâncias residuais, \otimes é o operador do produto direto, A é a matriz de parentesco e I é a

matriz identidade. Assumiu-se distribuições iniciais das (co)variâncias como uma Wishart Invertida para os efeitos aleatórios genéticos não correlacionados e residuais das características estudadas, inclusive a covariância entre elas.

Na implementação da Amostragem de Gibbs, foi utilizado um tamanho de cadeia inicial de 1.000.000 de ciclos, em que os primeiros 300.000 ciclos foram descartados e as amostras retiradas a cada 1.000 ciclos, o que totalizou 700 amostras.

O parâmetro ν é o grau de liberdade correspondente à distribuição Wishart Invertida o que indica o grau de confiabilidade da distribuição inicial. Neste estudo, o parâmetro ν utilizado foi de valor zero, ou seja, não refletia nenhum grau de conhecimento sobre os parâmetros.

O erro de Monte Carlo, que indica se a convergência das cadeias de Monte Carlo foi atingida, foi estimado mediante cálculo da raiz da variância das amostras retiradas para cada componente de (co)variância dividido pelo número de amostras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as pressuposições bayesianas, distribuições posteriores semelhantes a uma distribuição normal indicam que houve convergência da cadeia de Gibbs, com obtenção de estimativas adequadas dos componentes de (co)variância (VAN TASSELL et al., 1998). No entanto, não é necessário que ocorra essa simetria para garantir a convergência, pois se espera distribuições *Wishart* Invertida das densidades marginais posteriores dos componentes de (co)variâncias (VAN TASSELL et al., 1998). Outro indicador de que as análises atingiram a convergência é demonstrado pelo erro de Monte Carlo. Esse erro avalia se a implementação da Amostragem de Gibbs foi adequada para gerar as médias posteriores das distribuições marginais dos componentes de (co)variância. O erro de Monte Carlo é considerado pequeno quando seu valor somado à estimativa média da distribuição posterior dos coeficientes de herdabilidade não altera o valor dessa estimativa, de modo que seja considerada até a segunda casa decimal da herdabilidade (FARIA et al., 2007).

No presente estudo verifica-se que o erro de Monte Carlo para herdabilidade foi muito pequeno em todas as análises (Tabela 1) e também as distribuições posteriores foram semelhantes a uma distribuição normal (Figura 1). Esses resultados indicam que o tamanho da cadeia de Gibbs foi suficiente para obter estimativas precisas das médias posteriores.

Tabela 1 - Erro Padrão de Monte Carlo das estimativas de herdabilidade para as características perímetro escrotal (PE), volume testicular médio (VTM), defeitos

espermáticos maiores (DMA), defeitos espermáticos menores (DME) e defeitos espermáticos totais (DT), obtidos em análises unicaracterísticas.

Erro Padrão	PE	VTM	DMA	DME	DT
de Monte Carlo	0,0037	0,0029	0,0029	0,0013	0,0026

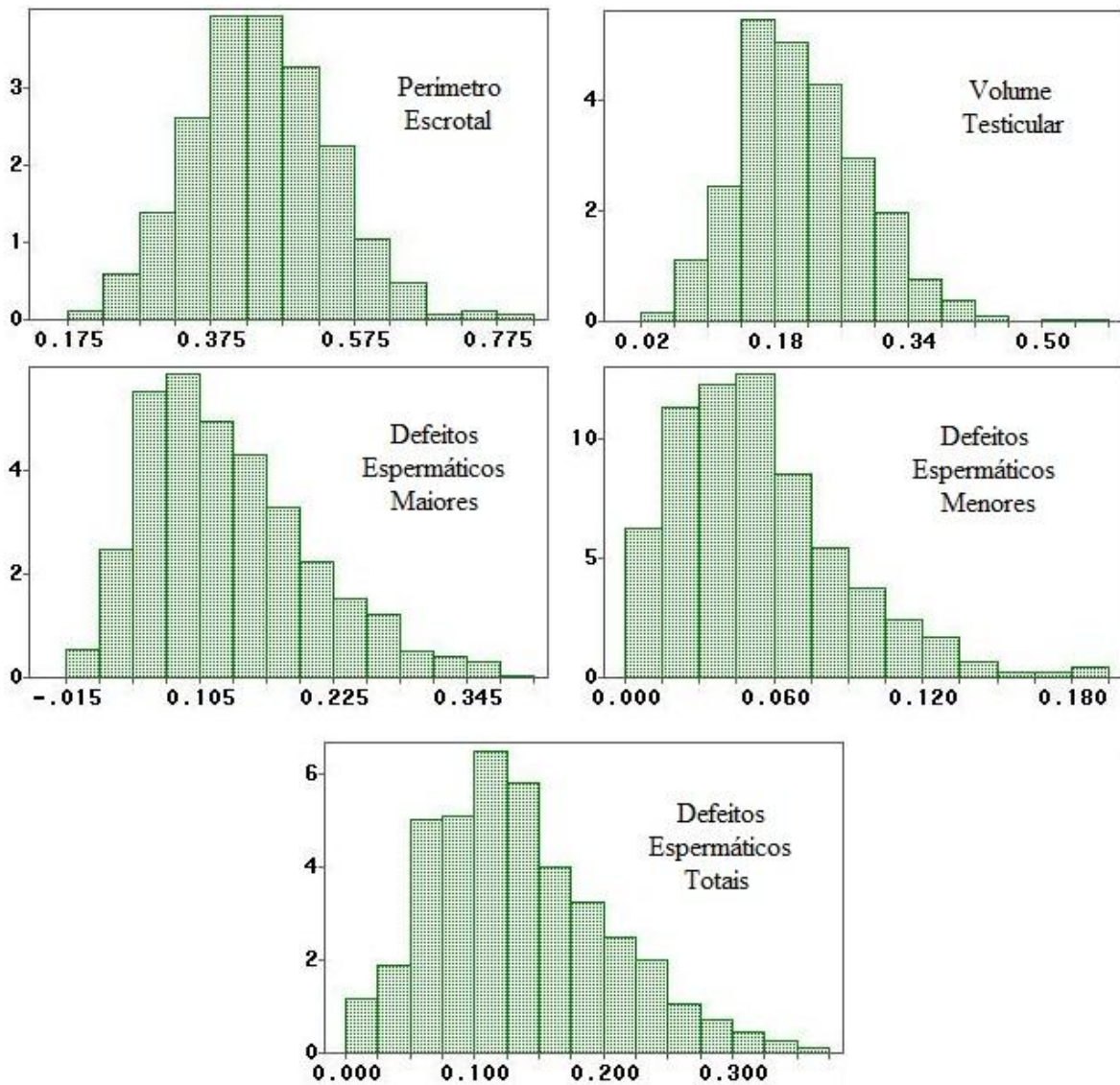


Figura 1 - Distribuição das densidades posteriores de herdabilidade para as características perímetro escrotal, volume testicular médio, defeitos espermáticos maiores, defeitos espermáticos menores e defeitos espermáticos totais em análises unicaracterísticas.

As estimativas das variâncias e parâmetros genéticos para as características PE, VT, DMA, DME e DT são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Médias posteriores dos componentes de variância e parâmetros genéticos para as características perímetro escrotal (PE), volume testicular médio (VTM), defeitos espermáticos maiores (DMA), defeitos espermáticos menores (DME) e defeitos espermáticos totais (DT), obtidas a partir de análises unicaracterísticas.

Características	σ_a^2	σ_e^2	σ_p^2	h^2
PE	2,5244	3,1164	5,6408	0,4455
VT	15037,23	55131,3571	70168,5871	0,2135
DMA	13,0227	85,4397	98,4624	0,1314
DME	1,7976	31,3502	33,1478	0,0541
DT	18,8895	119,2101	138,0996	0,1361

σ_a^2 = variância genética aditiva; σ_e^2 = variância residual; σ_p^2 = variância fenotípica e h^2 = herdabilidade.

A estimativa de herdabilidade para PE obtida neste estudo foi de moderada a alta magnitude, e está próxima aos valores descritos por CYRILLO et al. (2001), PEREIRA et al. (2000), ORTIZ PEÑA et al. (2001), PEREIRA et al. (2002), SARREIRO et al. (2002), SILVEIRA (2004), DIAS et al. (2006), VIU (2009) e LOPES et al. (2011) que obtiveram 0,44; 0,51; 0,41; 0,47; 0,38; 0,37; 0,46; 0,44; 0,45, respectivamente. O próprio fato de a estimativa obtida ser próxima à relatada por vários outros autores que trabalharam com animais da mesma raça, já é um indício de que atingiu-se a convergência na análise. Estimativas de herdabilidade de moderada a alta magnitude, indicam que o efeito aleatório aditivo direto foi alto, portanto, estes resultados evidenciam a existência de variabilidade genética para esta característica na raça Nelore, o que torna possível e eficiente a obtenção de melhoramento genético via seleção dos indivíduos superiores.

Para a característica VTM obteve-se estimativa de herdabilidade próxima a relatada por VIU (2009), que encontrou valor de 0,26. No entanto, LOPES (2009), SILVEIRA (2004) e QUIRINO (1999) obtiveram valores superiores 0,33; 0,33 e 0,50, respectivamente; ressalta-se que esses autores utilizaram metodologias diferentes tanto para o cálculo do volume como para predição dos componentes de variância.

As herdabilidades obtidas para a características VTM, independentemente da metodologia adotada para a obtenção das mesmas, sugerem que esta característica pode ser utilizadas como critério de seleção em animais da raça Nelore.

Quanto aos defeitos espermáticos, agrupados em DMA, DME e DT, obteve-se valores de herdabilidade aditiva direta de 0,13; 0,05; e 0,13, respectivamente. Estes resultados aproximam-se daqueles reportados por SILVEIRA (2004), VIU (2009) e LOPES (2011) cujos valores estão entre 0,10 e 0,20; 0,03 e 0,04; 0,12 e 0,19, respectivamente para DMA, DME e DT. Outros estudos com touros da raça Nelore (SARREIRO et al., 2000; SARREIRO, 2001) estimaram valores entre 0,07 e 0,19 para taxas de anormalidades (DT), enquanto DIAS (2004) estimou valor de herdabilidade de 0,16 para DMA.

QUIRINO (1999) obteve altos valores de herdabilidade aditiva direta (ajustados ou não para peso corporal) em touros da raça Nelore: para DMA de 0,51 e 0,59; para DME de 0,13 e 0,21; e para DT de 0,48 e 0,58. Porém, estes resultados não convergem para a média encontrada pelos outros autores consultados.

De maneira geral, os valores de herdabilidade encontrados para as características de defeitos espermáticos possuem baixa variância genética aditiva. Sendo assim, o ganho genético por seleção seria muito baixo. Vários estudos buscaram construir índices ou conhecer características correlatas que pudessem aumentar o ganho por seleção para a fertilidade de touros (FONSECA et al., 1997; DIAS et al., 2006; DIAS et al., 2008).

Na Tabela 3 estão sumarizadas as correlações genéticas e as covariâncias aditivas entre as características de biometria testicular e qualidade seminal.

As correlações entre o PE e as características indicadoras de qualidade seminal foram negativas e de baixa a moderada magnitude, conforme já salientado por SARREIRO et al. (2002), DIAS et al. (2006), DIAS et al. (2008), VIU (2009) e LOPES et al. (2011). Apesar de serem de baixa a moderada magnitude, estas correlações sugerem que a seleção para PE traria ganhos correlacionados para fertilidade. Vários outros autores sugerem que o PE é uma característica reprodutiva importante a ser selecionada, por ser indicativa de maior produção espermática diária, precocidade reprodutiva, por apresentar alta correlação com peso corporal, por ser correlacionada com características reprodutivas das fêmeas (MARTINS FILHO, 1991) e ainda por ser moderadamente correlacionada com características indicativas de qualidade espermática (QUIRINO, 1999; SARREIRO et al., 2002; DIAS et al., 2006; DIAS et al., 2008).

Tabela 3 - Correlações genéticas aditivas (diagonal superior) e covariâncias (diagonal inferior) entre as características Perímetro Escrotal (PE), Volume Testicular (VT), Defeitos Espermáticos Maiores (DMA), Defeitos Espermáticos Menores (DME) e Defeitos Espermáticos Totais (DT).

	PE	VT	DMA	DME	DT
PE		0,855	-0,2659	-0,034	-0,2075
VT	177,8716		-0,5983	-0,3169	-0,5317
DMA	-1,7590	-324,073		0,5836	0,9736
DME	-0,07696	-55,5634	3,4403		0,7376
DT	-1,6223	-325,25	19,5507	5,4015	

De acordo com os achados, pode-se inferir que a seleção para PE em idades inferiores a 20 meses traria ganhos substanciais em precocidade sexual de touros criados nas mesmas condições.

Quanto às correlações genéticas entre o volume testicular médio e as características de qualidade seminal, observam-se valores negativos, sendo sua intensidade de associação de moderada a alta magnitude. Os valores encontrados neste estudo são maiores do que os encontrados por SILVEIRA (2004). Isto, provavelmente, seja reflexo da menor idade dos animais deste estudo. Porém, estão muito próximos daqueles encontrados por QUIRINO (1999), VIU (2009) e LOPES (2009). O VTM é uma característica de grande importância, segundo BRACKETT (2006), cada grama de testículo produz 15 milhões de espermatozoides diariamente, de modo que a produção total de espermatozoides por ambos os testículos deve ser de pelo menos seis bilhões por dia. Portanto, os achados sugerem que a seleção desta característica, juntamente com o PE, poderia trazer maiores ganhos em fertilidade, apesar de mostrar menor variância genética aditiva quando comparada ao PE, que demonstrou associações genéticas de maior magnitude com as características de qualidade seminal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características reprodutivas PE e VTM possuem suficiente variabilidade genética e podem ser utilizadas como critério de seleção. No entanto, as características de qualidade seminal estudadas sofrem grande influência ambiental, o que reduz o progresso genético obtido por seleção direta.

A correlação genética no mesmo sentido e de alta magnitude entre as características de biometria testicular, bem como as correlações genéticas negativas e de

moderada a alta magnitude entre as características de biometria testicular com as características qualiquantitativas do sêmen sugerem que o VTM deve ser usado em conjunto com o PE, na seleção de touros de maior fertilidade e precocidade sexual.

REFERÊNCIAS

- 1 - BAILEY, T. L.; MONKE, D.; HUDSON, R. S.; WOLFE, D. F.; CARSON, R. L.; RIDDELL, M. G. Testicular shape and its relationship to sperm production in mature holstein bulls. **Theriogenology**, Stoneham, v. 46, n. 3, p. 881-887, 1996.
- 2 - BAILEY, T. L.; HUDSON, R. S.; POWE, T. A.; RIDDELL, M. G.; WOLFE, D. F.; CARSON, R. L. Caliper and ultrasonographic measurements of bovine testicle and mathematical formula for determining testicular volume and weight in vivo. **Theriogenology**, Stoneham, v. 49, n. 10, p. 581-598, 1998.
- 3 - BRACKETT, B. G. Reprodução em mamíferos do sexo masculino. In: DUKES, H. H. **Fisiologia dos animais domésticos**. 12. ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006, 926p.
- 4 - CBRA. **Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal**. Colégio Brasileiro de Reprodução Animal. 2. Ed. – Belo Horizonte: CBRA, 1998. 49p.
- 5 - CORRÊA, A. B.; VALE FILHO, V. R.; CORRÊA, G. S. S.; ANDRADE, V. J.; SILVA, M. A.; DIAS, J. C. Características do sêmen e maturidade sexual de touros jovens da raça Tabapuã (*Bos taurus indicus*) em diferentes manejos alimentares. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 58, n. 5, p. 388-393, 2006.
- 6 - CYRILLO, J. N. S. G.; RAZOOK, A. G.; FIGUEIREDO, L. A.; BONILHA NETO, L. M.; MERCADANTE, M. E. Z.; TONHATI, H. 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**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 56-65, 2001.
- 7 - DIAS, J. C. **Aspectos andrológicos, biometria testicular e parâmetros genéticos de características reprodutivas de touros Nelore, de dois e três anos de idade, criados extensivamente no Mato Grosso do Sul**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Belo Horizonte - MG, 54p., 2004.
- 8 - DIAS, J. C.; ANDRADE, V. J.; FRIDRICH, A. B.; SALVADOR, D. F.; VALE FILHO, V. R.; CORRÊA, A. B.; SILVA, M. A. Estimativas de parâmetros genéticos de características reprodutivas de touros Nelore, de dois e três anos de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 58, n. 3, p. 823-830, 2006.
- 9 - DIAS, J. C.; ANDRADE, V. J.; MARTINS, J. A. M.; EMERICK, L. L.; VALE FILHO, V. R. Correlações genéticas e fenotípicas entre características reprodutivas e produtivas de touros da raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1; p. 53-59, 2008.

- 10 - FARIA, C.U.; MAGNABOSCO, C.U.; BORJAS, A.R.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F. Inferência bayesiana e sua aplicação na avaliação genética de bovinos da raça nelore: revisão bibliográfica. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 1, p. 75-86, 2007.
- 11 - FONSECA, V. O.; SANTOS, N. R.; MALINSKI, P. R. Classificação andrológica de touros zebus (*Bos taurus indicus*) com base no perímetro escrotal e características morfo-físicas do sêmen. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 21, n. 2, p. 36-39, 1997.
- 12 - FIELDS, M. J.; BURNS, W. C.; WARNICK, A. C. Age, season and breed effects on testicular volume and semen traits and young beef bulls. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 48, n. 6, p. 1299-1304, 1979.
- 13 - FRIES, L. A. **Diferenças em Diferenças Esperadas na Progênie (DEP) e em certificados de produção**. Associação Brasileira dos Criadores de Zebu. Uberaba. 1995, 63p.
- 14 - KASTELIC, J.; COOK, R. B.; COULTER, G. H. Termoregulación scrotal/testicular en toros. In: TOPICS IN BULL FERTILITY, Ithaca, 2002. **International Veterinary Information Service**, 2002. Disponível em: <http://www.ivis.org/advances/Repro_Chenoweth/kastelic/chapter_frm.asp?LA=1>. Acesso em: 10 fev. 2011.
- 15 - KEALEY, C. G; MacNEIL, M. D.; TESS, M. W.; GEARY, T. W.; BELLOWS, R. A. Genetic parameter estimates for scrotal circumference and semen characteristics of line 1 Herefords bulls. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 2, p. 283-290, 2006.
- 16 - LOPES, D. T. **Estudo genético quantitativo de características andrológicas e de carcaça, medidas *in vivo* por ultrassonografia, em touros da raça nelore, utilizando inferência bayesiana**. Goiânia, 2009, 110p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás.
- 17 - LOPES, D. T.; VIU, M. A. O.; MAGNABOSCO, C. U.; FARIA, C. U.; FERRAZ, H. T.; TROVO, J. B. F.; TERRA, J. P.; PIRES, B. C. Estimativas de parâmetros genéticos de características andrológicas de touros jovens da raça Nelore por meio da inferência bayesiana. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 12, n. 1, p. 72-83, 2011.
- 18 - MADSON, P.; SORENSEN, P.; SU, G.; DAMGAARD, L.H.; THOMSEN, H.; LABOURIAU, R. DMU – A package for analyzing multivariate mixed models. In: PROC. 8th WORLD CONGR. GENET. APPL., 2006. **Proceedings...** Livest. Prod., 2006, p. 247.
- 19 - MARTINS FILHO, R. **Estimativas de correlações genéticas entre circunferência escrotal em bovinos da raça nelore e características reprodutivas em suas meias-irmãs paternas**. Ribeirão Preto, 1991. 92p. Tese (Doutorado em Genética) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.
- 20 - ORTIZ PEÑA, C. D.; QUEIROZ, S. A.; FRIES, L. A. Comparação entre critérios de seleção de precocidade sexual e a associação destes com características de crescimento em bovinos Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 93-100, 2001.

- 21 - PEREIRA, E.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1676-1683, 2000.
- 22 - PEREIRA, E.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S. Análise genética de características reprodutivas na raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 703-708, 2002.
- 23 - QUIRINO, C. R. **Herdabilidades e correlações genéticas entre medições testiculares, características seminais e libido em touros Nelore**. Belo Horizonte, 1999. 104p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais.
- 24 - QUIRINO, C. R.; BERGMANN, J. A. G.; VALE FILHO, V. R.; ANDRADE, V. J.; REIS, S. R.; MENDONÇA, R. M.; FONSECA, C. G. Genetic parameters of libido in Brazilian Nelore bulls. **Theriogenology**, Stoneham, v. 62, n. 1-2, p. 1-7, 2004.
- 25 - SARREIRO, L. C.; QUIRINO, C. R.; PINEDA, N. R.; BERGMANN, J. A. G. Associações genéticas entre libido, perímetro escrotal e qualidade de sêmen de tourinhos da raça Nelore. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 3, 2000, Belo Horizonte. **Anais do III Simpósio Nacional de Melhoramento Animal**, Belo Horizonte: SBMA, 2000, p.449-451.
- 26 - SARREIRO, L. C. **Estimativas de herdabilidades e correlações genéticas entre perímetro escrotal, características seminais e libido de touros da raça Nelore**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Belo Horizonte - Minas Gerais. 36p., 2001.
- 27 - SARREIRO, L. C.; BERGMANN; QUIRINO, C. R.; PINEDA, N. R.; FERREIRA, V. C. P.; SILVA, M. A. Herdabilidade e correlação genética entre perímetro escrotal, libido e características seminais de touros Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 54, n. 6, p. 602-608, 2002.
- 28 - SAS - User's Guide: statistics. 5.ed. Cary: SAS Institute, 2000. 1028p.
- 29 - SCHAEFFER, L. R.; MAO, I. L. Notes on linear model theory, best linear unbiased prediction and variance component estimation. In: CURSO DE GENÉTICA ANIMAL. 1987. Zaragoza, 237p.
- 30 - SILVEIRA, T. S. **Estádio de maturidade sexual e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos de características reprodutivas e ponderais, em touros da raça Nelore**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa - UFV. Viçosa - Minas Gerais. 137p., 2004.
- 31 - TSURUTA, S.; MIZTAL, I. THRGIBBS1F90 for estimation of variance components with threshold and linear models. In: PROC. 8th WORLD CONGR. GENET. APPL., 2006. **Proceedings...** Livest. Prod., 2006, p. 253.
- 32 - UNANIAN, M. M.; SILVA, A. E. D. F.; McMANUS, C.; CARDOSO, E. P. Características biométricas testiculares para avaliação de touros zebuínos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 136-144, 2000.

33 - 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**, Champaign, v. 76, p. 2048 -2061, 1998.

34 - VIU, M.A.O. **Estudo Genético quantitativo e ambiental do potencial reprodutivo de touros Nelore criados no Centro-Oeste do Brasil**. Goiânia, 2009, 118p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás.