

Avaliação de Modelos para Estimativa de Componentes de (Co)variância em Características Reprodutivas de Suínos¹

Aldrin Vieira Pires^{2,5}, Paulo Sávio Lopes^{3,5}, Robledo de Almeida Torres^{3,5}, Ricardo Frederico Euclides³, Adair José Regazzi^{4,5}, André Ribeiro Corrêa da Costa²

RESUMO - Foram analisados dados de características reprodutivas de três raças de suínos, Duroc, Landrace e Large White, para avaliar a importância de inclusão dos efeitos genético materno e comum de leitegada em modelos animais. As características tamanho de leitegada ao nascimento, tamanho de leitegada ao desmame, peso de leitegada ao nascimento, peso de leitegada aos 21 dias de idade e taxa de mortalidade foram avaliadas pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML), obtendo-se um valor de verossimilhança para cada característica e raça. O teste da razão de verossimilhança foi aplicado para se verificar qual o modelo mais adequado na avaliação genética animal: o modelo 1, que continha o efeito genético direto; o modelo 2, que continha os efeitos genéticos direto e materno; o modelo 3, que continha o efeito genético direto e o efeito comum de leitegada; e o modelo 4, que incluía os efeitos genéticos direto e materno, e o comum de leitegada. Diferentes modelos foram indicados para diferentes características e raças, sendo que o modelo 4 foi o mais indicado para a maioria das características e raças. Estes resultados evidenciam a importância da inclusão dos efeitos genético aditivo materno e comum de leitegada, na avaliação de características de leitegada em suínos para se estimarem, com maior precisão, os parâmetros genéticos destes rebanhos.

Palavras-chave: efeito materno, modelo animal, REML, teste da razão de verossimilhança

Evaluation of Models to Estimate (Co)variance Components in Reproductive Traits of Swine

ABSTRACT - Reproductive traits on three swine breeds, Duroc, Landrace and Large White, were used to evaluate the importance of inclusion of maternal genetic and the permanent environmental effects in animal models were analyzed. The traits for litter size at birth, litter size at weaning, litter weight at birth, litter weigh at 21 days, and loss rate were evaluated by the restricted maximum likelihood (REML) method, and one likelihood value for each trait and breed were obtained. The likelihood ratio test was used to indicate the best model in the animal genetic evaluation. The models were: model 1 contained the direct genetic effect, model 2 contained the direct and maternal genetic effects, model 3 contained the direct and common litter effects, and model 4 included direct, maternal and common litter effects. Different models were indicated for different traits and breeds, but the model 4 was more adapted for most of the traits and breeds. These results evidenced the importance of the inclusion of maternal genetic additive and common litter effects in the evaluation of swine litter traits, to estimate, with more precision, the genetic parameters of these herds.

Key Words: animal model, likelihood ratio test, maternal effect, REML

Introdução

O processo de avaliação genética dos animais envolve basicamente três etapas. A primeira consiste na estimação dos parâmetros genéticos, que exige o agrupamento dos animais segundo o grau de parentesco entre si, para obter os componentes observacionais de variância (variância e covariância fenotípicas), que posteriormente são desmembrados em seus componentes causais (variância e covariância genética aditiva direta e materna, permanente de meio e residuais). A segunda etapa inclui a classificação dos animais baseada em seus valores genéticos e

a terceira etapa consta da seleção dos melhores indivíduos que serão os pais da próxima geração. Espera-se, desse esforço, que a descendência tenha, em média, méritos genéticos maiores que os dos seus progenitores.

O progresso genético, em qualquer característica, depende da herdabilidade e da intensidade de seleção praticada e deve ser monitorado constantemente, pois o conhecimento das alterações genéticas de uma população tem importância não só para proceder aos ajustes necessários, mas também para avaliar o resultado do programa de seleção adotado.

As estimativas de herdabilidade para caracterís-

¹ Parte da Tese do primeiro autor para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia - UFV

² MS em Zootecnia, DZO/UFV, Viçosa - MG, CEP: 36571-000. E-mail: avpires@alunos.ufv.br

³ Professor do DZO/UFV, Viçosa - MG, CEP: 36571-000. E-mail: plopes@mail.ufv.br, rtorres@mail.ufv.br, rbaja@mail.ufv.br

⁴ Professor do DPI, UFV, Viçosa - MG, CEP: 36571-000. E-mail: adairreg@mail.ufv.br

⁵ Bolsista do CNPq.

tivas reprodutivas são normalmente baixas e a alta variabilidade existente em tais estimativas é atribuída, principalmente, a fatores não-genéticos e genéticos não-aditivos. Modelos mais precisos devem ser desenvolvidos e propostos para obtenção de estimativas de parâmetros genéticos mais confiáveis, sobretudo para as características reprodutivas, pois tão importante quanto estimar os parâmetros genéticos é obter estimativas mais precisas dos componentes genéticos, pela inclusão de efeitos, como o permanente de meio, comum de leitegada e genético aditivo materno, nos modelos de avaliação genética animal.

A eficiência dos programas de melhoramento depende da precisão com que os indivíduos submetidos à seleção são avaliados. No melhoramento animal, é importante a avaliação do valor genético com o objetivo de classificar os melhores indivíduos que serão os pais da próxima geração, e quantificar sua contribuição para o ganho genético. Para isso, torna-se imprescindível o isolamento do componente genético dos demais componentes, referentes às diferentes causas, que participam do valor fenotípico em cada indivíduo.

O efeito materno é definido, segundo HOHENBOKEN (1985), como qualquer contribuição, influência ou impacto no fenótipo de um indivíduo atribuível diretamente ao fenótipo de sua mãe. Exclui, portanto, as influências dos genes nucleares herdados da mãe pelo indivíduo. O efeito materno no fenótipo da descendência pode ser causado por diferenças genéticas ou ambientais entre as mães, ou ainda, como na maioria das características de importância econômica, pela combinação das diferenças genéticas e ambientais. Assim, o efeito materno tem propriedades genéticas, herdabilidade, repetibilidade e correlações genéticas com outras características de interesse na produção animal. O efeito materno pode ser exercido quando da fertilização, durante a gestação ou durante a lactação. Pode ser transitório, mas também pode persistir ao longo da vida e ser exercido por meio de grande variedade de mecanismos biológicos.

Segundo SILIÓ et al. (1994), o efeito aditivo materno é o mais importante componente de variação no peso dos leitões aos 21 dias, quando o leite da mãe for o único alimento disponível para os leitões.

O efeito materno deve-se, principalmente, ao ambiente uterino durante a gestação e ao suprimento de leite e cuidados fornecidos pela mãe do parto até o desmame, entre os quais a produção de leite da mãe parece ser o mais importante (MEYER et al., 1994), sendo um dos mais estudados.

Existe associação negativa entre efeitos genéticos direto e materno para tamanho de leitegada em suínos. Em geral, estimativas de herdabilidade para tamanho de leitegada são baixas e a correlação genética negativa entre os efeitos genéticos materno (ou efeito ambiental comum) e direto poderia explicar parte destes resultados (ROBISON, 1972). Lasley (1957), citado por ROBISON (1972), relatou que os componentes maternos são maiores que os componentes de reprodutor para taxa de ovulação em suínos, sugerindo assim a existência de efeito materno para esta característica.

A existência de correlações genéticas negativas altas entre efeito direto e materno praticamente anula o progresso genético esperado pela seleção individual sobre o valor fenotípico das ninhadas de coelhos (MATHERSON et al., 1974).

FERRAZ e JOHNSON (1993) relataram que os procedimentos de modelos mistos podem ser usados para obter estimativas de parâmetros genéticos específicos para populações e também no monitoramento e melhoramento nos programas de seleção. Isto pode ser feito analisando os dados com diferentes modelos que considerem os efeitos genéticos direto e materno e a correlação entre eles, e ainda os efeitos permanentes de meio, identificando então o modelo mais apropriado, e por fim usá-lo para subseqüentes predições de valores genéticos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a importância de inclusão dos efeitos materno e comum de leitegada no modelo de avaliação animal de características reprodutivas em suínos, pelo teste da razão de verossimilhança.

Material e Métodos

Os dados utilizados neste trabalho são provenientes de animais da empresa COOPERCENTRAL, situada no município de Chapecó-SC, das raças Duroc, Landrace e Large White.

Ao nascimento, os leitões foram submetidos ao seguinte manejo: corte dos dentes, mensagem, pesagem e aplicação de ferro dextrano. Foi também realizada a padronização das leitegadas, sendo as transferências feitas somente dentro das raças.

As estimativas dos efeitos genético materno e comum de leitegada poderiam ser influenciadas por essa padronização de leitegadas. Entretanto, o remanejamento de leitões ocorreu em apenas 4% das leitegadas. Dessa forma, considerou-se que a influência desse manejo seria pequena e, portanto, foi

desconsiderada na análise.

A partir do décimo dia até uma semana após o desmame, os leitões receberam ração pré-inicial. A maioria dos animais foi pesada aos 21 dias de idade. Os animais que por algum motivo não foram pesados aos 21 dias tiveram seus pesos ajustados para esta idade de acordo com a seguinte fórmula:

$$PAD = ([\{POD - 1,4\} * 21]/ID) + 1,4$$

em que PAD é peso ajustado do leitão para 21 dias; POD, peso observado do leitão na pesagem a, aproximadamente, 21 dias; ID, idade do leitão no dia da pesagem; 1,4, peso padrão adotado para o peso ao nascer.

O desmame foi feito entre 24 e 28 dias de idade, não sendo feita a pesagem ao desmame. PIRES (1999) apresentou maiores detalhes acerca do manejo dos animais.

As características reprodutivas estudadas foram: tamanho da leitegada ao nascer (TLN), tamanho de leitegada ao desmame (TLD), peso da leitegada ao nascer (PLN), peso da leitegada corrigido para os 21 dias de idade (PL21) e taxa de mortalidade do nascimento ao desmame (TM).

Efeito fixo de grupo contemporâneo foi considerado nos modelos, sendo que para as raças Landrace e Large White foi constituído por rebanho, ano e estação de parição; para a raça Duroc considerou apenas os efeitos de ano e estação de parição, além do efeito da covariável ordem de parição.

As estimativas de verossimilhança foram obtidas pelo REML, utilizando o programa MTDFREML (BOLDMAN et al., 1995), para quatro diferentes modelos animais, de acordo com a inclusão ou não dos efeitos aleatórios materno e comum de leitegada. O efeito direto foi atribuído à mãe da leitegada. Dessa forma, foram obtidos os seguintes modelos:

$$1: \underline{y} = \underline{X} \underline{b} + \underline{Z}_1 \underline{d} + \underline{e};$$

$$2: \underline{y} = \underline{X} \underline{b} + \underline{Z}_1 \underline{d} + \underline{Z}_2 \underline{m} + \underline{e};$$

$$3: \underline{y} = \underline{X} \underline{b} + \underline{Z}_1 \underline{d} + \underline{Z}_3 \underline{p} + \underline{e};$$

$$4: \underline{y} = \underline{X} \underline{b} + \underline{Z}_1 \underline{d} + \underline{Z}_2 \underline{m} + \underline{Z}_3 \underline{p} + \underline{e};$$

em que \underline{y} , vetor de observações; \underline{X} , matriz de incidência de efeitos fixos; \underline{b} , vetor de efeitos fixos; \underline{Z}_1 , matriz de incidência de efeitos genéticos aditivos diretos; \underline{d} , vetor de efeitos genéticos aditivos diretos (mães das leitegadas); \underline{Z}_2 , matriz de incidência de efeitos genéticos aditivos maternos; \underline{m} , vetor de efeitos genéticos aditivos maternos (avós das leitegadas); \underline{Z}_3 , matriz de incidência de efeitos co-

muns de leitegada; \underline{P} , vetor de efeitos comuns de leitegada; \underline{e} , vetor de efeito residual.

Foi utilizado como critério de convergência a variância dos valores do simplex ($-2 \log_e$ da verossimilhança) inferior a 10^{-9} . Após cada convergência, o programa foi reiniciado, usando as estimativas obtidas anteriormente como valores iniciais. Este procedimento então foi repetido até que as diferenças entre as estimativas das duas últimas convergências fossem menor que 10^{-5} .

O logaritmo da função de verossimilhança ($\log_e L$) foi utilizado para determinar os modelos mais apropriados para cada característica. Um efeito aleatório era considerado ter influência expressiva, quando sua inclusão causava aumento significativo no $\log_e L$. Para determinar o modelo mais adequado, o teste da razão de verossimilhança foi aplicado em modelos sequencialmente reduzidos (RAO, 1973). A estatística do teste da razão de verossimilhança (LR) foi calculada para testar a significância de um modelo i , contendo um parâmetro adicional, comparado com outro modelo j , no qual este parâmetro não estava presente. O valor foi então menos duas vezes o logaritmo natural da razão de verossimilhança, ou seja: $LR_{ij} = -2 \log_e (L_j/L_i) = 2 \log_e L_i - 2 \log_e L_j$, em que L_j é máximo da verossimilhança restrita para o modelo j e L_i , máximo da verossimilhança restrita para o modelo i .

Comparou-se, então, o valor obtido para a estatística do teste da razão de verossimilhança (LR) com o valor do qui-quadrado (χ^2_{tab}) com um grau de liberdade, e procedeu-se às conclusões da seguinte maneira: se $LR > \chi^2_{tab}$ = efeito tinha influência significativa. O nível máximo de significância utilizado foi 5%.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 estão os valores do logaritmo natural da função de verossimilhança ($\log_e L$) e na Tabela 2, os valores da razão de verossimilhança (LR_{ij}) para cada raça.

Pode-se constatar, a partir da Tabela 1, a inclusão do efeito genético aditivo materno (modelo 2), efeito comum de leitegada (modelo 3) ou de ambos os efeitos (modelo 4) tendeu, em todas as raças e características, a obter valores maiores de $\log_e L$, quando comparados com os obtidos pelo modelo 1.

Na raça Duroc, a inclusão de um único efeito aleatório (modelo 2 ou 3), além dos efeitos genético aditivo direto e residual, foi não significativa pelo

Tabela 1 - Valores do logaritmo natural da função de verossimilhança ($\log_e L$), por raça e modelo
 Table 1 - Likelihood function logarithm values ($\log_e L$), for breed and model

Raça e modelo <i>Breed and model</i>	Características ¹ (<i>Traits</i>)				
	PLN	PL21	TLN	TLD	TM
	Duroc				
1	-1.032,9427	-1.578,4987	-764,7214	-534,1427	-1.578,7538
2	-1.032,3320	-1.578,4927	-763,2495	-534,0143	-1.578,4778
3	-1.032,7242	-1.577,6540	-764,3443	-533,9101	-1.578,3998
4	-913,5519	-1.561,3527	-725,3195	-533,8863	-1.574,5769
	Landrace				
1	-1.259,9529	-1.994,5447	-1.061,1374	-688,2008	-2.072,5059
2	-1.257,6420	-1.992,5364	-1.059,9471	-687,8182	-1.912,5477
3	-1.259,1931	-1.994,2566	-1.061,1374	-688,2007	-2.072,4924
4	-1.265,7369	-1.990,4830	-1.059,9471	-687,8182	-2.071,9645
	Large White				
1	-1.827,8393	-2.779,4876	-1.657,4842	-1.020,3708	-2.952,0844
2	-1.823,5997	-2.778,8344	-1.591,1673	-1.019,0284	-2.952,0848
3	-1.824,0277	-2.778,8692	-1.655,9288	-1.018,4006	-2.950,4202
4	-1.775,1284	-2.778,1969	-1.588,7827	-1.018,1289	-2.931,4833

¹ PLN = peso da leitegada ao nascimento; PL21 = peso da leitegada aos 21 dias de idade; TLN = tamanho de leitegada ao nascimento; TLD = tamanho de leitegada ao desmame e TM = taxa de mortalidade.

¹ PLN = birth litter weight; PL21 = weaning litter weight; TLN = birth litter size; TLD = litter size at 21 days of age and TM = mortality from birth to weaning.

teste da razão de verossimilhança. O modelo 4 apresentou resultado significativo para todas as características, exceto para TLD, evidenciando a importância de utilização de um modelo mais completo no processo de avaliação animal, quando se está trabalhando com as demais características na raça Duroc.

Para a raça Landrace, a inclusão do efeito gené-

tico aditivo materno apresentou diferenças significativas para TM e, portanto, na avaliação destas características, deve-se optar pelo modelo 2. Para PLN e PL21, o modelo 4, que incluiu os efeitos materno e comum de leitegada, foi o mais indicado. TLN e TLD não apresentaram resultados significativos para nenhum dos modelos, sendo o o modelo 1 o mais indicado.

Tabela 2 - Valores obtidos para o teste da razão de verossimilhança (LR), por raça e modelos
 Table 2 - Likelihood ratio test (LR) values, for breed and model

LR	Características ¹ (<i>Traits</i>)				
	PLN	PL21	TLN	TLD	TM
	Duroc				
LR ₂₁	1,2213 ^{ns}	0,0119 ^{ns}	2,9437 ^{ns}	0,2568 ^{ns}	0,5521 ^{ns}
LR ₃₁	0,4370 ^{ns}	1,6894 ^{ns}	0,7541 ^{ns}	0,4651 ^{ns}	0,7080 ^{ns}
LR ₄₂	237,5603 ^{**}	34,2800 ^{**}	75,8600 ^{**}	0,2560 ^{ns}	7,8017 ^{**}
LR ₄₃	238,3446 ^{**}	32,6025 ^{**}	78,0496 ^{**}	0,0477 ^{ns}	7,6458 ^{**}
	Landrace				
LR ₂₁	4,6218 [*]	4,0166 [*]	2,3806 ^{ns}	0,7651 ^{ns}	319,9165 ^{**}
LR ₃₁	1,5197 ^{ns}	0,5763 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0270 ^{ns}
LR ₄₂	1,8103 ^{ns}	4,1070 [*]	0,0000 ^{ns}	-0,0001 ^{ns}	-318,8336 ^{ns}
LR ₄₃	4,9124 [*]	7,5473 ^{**}	2,3806 ^{ns}	0,7650 ^{ns}	1,0558 ^{ns}
	Large White				
LR ₂₁	8,47922 ^{**}	1,30652 ^{ns}	132,63396 ^{**}	2,68491 ^{ns}	-0,00080 ^{ns}
LR ₃₁	7,62327 ^{**}	1,23682 ^{ns}	3,11078 ^{ns}	3,94050 [*]	3,32850 ^{ns}
LR ₄₂	96,94252 ^{**}	1,27503 ^{ns}	4,76918 [*]	1,79891 ^{ns}	41,20306 ^{**}
LR ₄₃	97,79847 ^{**}	1,34473 ^{ns}	134,29236 ^{**}	0,54332 ^{ns}	37,87376 ^{**}

^{ns} (não-significativo); * (P<0,05); ** (P<0,01).

^{ns} (not significant); * (P<0.05); ** (P<0.01).

¹ PLN = peso de leitegada ao nascimento; PL21 = peso de leitegada aos 21 dias de idade; TLN = tamanho de leitegada ao nascimento; TLD = tamanho de leitegada ao desmame e TM = taxa de mortalidade

¹ PLN = birth litter weight; PL21 = weaning litter weight; TLN = birth litter size; TLD = litter size at 21 days of age and TM = mortality from birth to weaning.

Em se tratando da raça Large White, o modelo 4 foi o mais indicado para PLN, TLN e TM. O modelo 3 foi o mais adequado para TLD, que incluiu o efeito permanente. Para PL21 não houve diferença significativa entre os modelos, deve-se, portanto, optar pelo mais simples, o modelo 1.

Com base em estudos com padronização de leitegadas, em espécies de laboratório realizados por LEGATES (1972), e em suínos, relatados por CUNDIFF (1972), os autores concluíram que o efeito materno tem papel importante no crescimento inicial pós-natal e esta influência diminui após a desmama, quando a influência de genes transmitidos para o animal tem efeito direto na taxa de crescimento.

Entretanto, neste estudo, de modo geral, observou-se que o modelo mais completo (modelo 4), que considera os efeitos genético aditivo materno e comum de leitegada foi o mais adequado para a maioria das características e raças, evidenciando a importância da inclusão destes efeitos nos modelos de avaliação destas características reprodutivas em suínos. Estes resultados indicam que efeito materno deve ser incluído na avaliação genética de características reprodutivas.

Conclusões

O teste razão de verossimilhança indicou diferentes modelos para distintas características e raças, sendo o modelo 4, o qual incluiu os efeitos direto, materno e permanente de meio, o mais adequado para a maioria das características e raças.

Os modelos estatísticos para avaliação de características reprodutivas em suínos devem considerar o efeito materno, a fim de se obterem estimativas mais confiáveis de componentes de (co)variância, de herdabilidade total e de ganho genético esperado, garantindo, assim, maior eficiência da seleção.

Agradecimento

À COOPERCENTRAL, pela cessão dos dados, o que possibilitou a execução deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- BOLDMAN, K.G., KRIESE L.A., VAN VLECK, L.D., et al. 1995. A Manual for Use of MTDFREML. *A set of programs to obtain estimates of variance and covariance [Draft]*. Lincoln, U.S. Department of Agriculture, Agriculture Research Service. 115p.
- CUNDIFF, L.V. 1972. The role of maternal effects in animal breeding: VII. Comparative aspects of maternal effects.

- J. Anim. Sci.*, 35(6):1335-1337.
- FERRAZ, J.B.S., JOHNSON, R.K. 1993. Animal model estimation of genetic parameters and response selection for litter size and weight, growth and backfat in closed seedstock populations of Large White and Landrace swine. *J. Anim. Sci.*, 71(4):850-858.
- HOHENBOKEN, W.D. 1985. Maternal effects. In: *General and quantitative genetics*. Amsterdam: Elsevier Science. p.135-149.
- LASLEY, E.L. 1957. Ovulation prenatal mortality and litter size in swine. *J. Anim. Sci.*, 16:335.
- LEGATES, J.E. 1972. The role of maternal effects in animal breeding: IV. Maternal effects in laboratory species. *J. Anim. Sci.*, 35(6):1294-1302.
- MATHERSON, G., POUJARDIEU, B. LEFORT, G. 1974. A model of estimation the genetic parameters in the presence of genetics direct and maternal effects in the rabbits. In: *WORLD CONGRESS ON GENETICS APLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 1974, [s.l.] Proceedings...[s.l.]*, v.3, p. 447-453.
- MEYER, K., CARRICK, M.J., DONNLEY, B.J.P. 1994. Genetic parameters for milk production of Australian beef cows and weaning weight of their calves. *J. Anim. Sci.*, 72(5):1155-1165.
- PIRES, A.V. *Avaliação genética de características reprodutivas em suínos*. Viçosa, MG: UFV, 1999. 83p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- RAO, C.R. 1973. *Linear statistical inference and its applications*. 2.ed. New York: John Wilwy & Sons. p.417-420.
- ROBISON, O.W. 1972. The role of maternal effects in animal breeding: V. Maternal effects in swine. *J. Anim. Sci.*, 35(6):1303-1315.
- SILÍO, L., RODRIGUEZ, M.C., TORO, M.A., RODRIGÁÑEZ, J. Maternal and individual genetic effects on piglet weight. In: *WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 5, 1994, Guelph. Proceedings...* Guelph: University of Guelph, 1994, v. 17, p.355-358.
- WILLHAM, R.L. 1972. The role of maternal effects in animal breeding: III. Biometrical aspects of maternal effects in animals. *J. Anim. Sci.*, 35(6):1288-1293.

Recebido em: 03/05/99

Aceito em: 10/10/00