

## Estimação de parâmetros genéticos para produção de leite de vacas da raça Holandesa via regressão aleatória

[*Estimation of genetic parameters for Holstein cows milk production by random regression*]

C.K.P. Dorneles<sup>1</sup>, J.A. Cobuci<sup>2</sup>, P.R.N. Rorato<sup>3\*</sup>, T. Weber<sup>1,5</sup>, J.S. Lopes<sup>1,5</sup>, H.N. Oliveira<sup>4,6</sup>

<sup>1</sup>Aluno de pós-graduação - UFSM – Santa Maria, RS

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, RS

<sup>3</sup>Universidade Federal de Santa Maria

Avenida Roraima, 1000 - Bairro Camobi

97105-900 – Santa Maria, RS

<sup>4</sup>Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - UNESP – Botucatu, SP

<sup>5</sup>Bolsista da Capes

<sup>6</sup>Bolsista do CNPq

### RESUMO

Foram utilizados 21.702 registros de produção de leite no dia do controle de 2.429 vacas primíparas da raça Holandesa, filhas de 233 touros, coletados em 33 rebanhos do Estado do Rio Grande do Sul, para estimar parâmetros genéticos para produção de leite no dia do controle. O modelo de regressão aleatória ajustado aos controles leiteiros entre o sexto e o 305º dia de lactação incluiu o efeito de rebanho-ano-mês do controle, idade da vaca no parto e os parâmetros do polinômio de Legendre de ordem quatro, para modelar a curva média da produção de leite da população e parâmetros do mesmo polinômio, para modelar os efeitos aleatórios genético-aditivo e de ambiente permanente. As variâncias genéticas e de ambiente permanente para produção de leite no dia do controle variaram, respectivamente, de 2,38 a 3,14 e de 7,55 a 10,35. As estimativas de herdabilidade aumentaram gradativamente do início (0,14) para o final do período de lactação (0,20), indicando ser uma característica de moderada herdabilidade. As correlações genéticas entre as produções de leite de diferentes estágios leiteiros variaram de 0,33 a 0,99 e foram maiores entre os controles adjacentes. As correlações de ambiente permanente seguiram a mesma tendência das correlações genéticas. O modelo de regressão aleatória com polinômio de Legendre de ordem quatro pode ser considerado como uma boa ferramenta para estimação de parâmetros genéticos para a produção de leite ao longo da lactação.

Palavras-chave: bovino de leite, componente de variância, correlação genética, herdabilidade, polinômios de Legendre

### ABSTRACT

*A total of 21,702 records of milk production from 2,429 first-lactation Holstein cows, sired by 233 bulls, collected in 33 herds in the State of Rio Grande do Sul from 1991 to 2003, were used to estimate genetic parameters for that characteristic. The random regression model adjusted to test day from the 6<sup>th</sup> and the 305<sup>th</sup> lactation day included the effect of herd-year-month of the test day, the age of the cow at parturition, and the order fourth Legendre polynomial parameters, in order to obtain the average curve for the milk production of the population and parameters from the same polynomial to estimate the additive genetic and permanent environmental random effects. The genetic and permanent environmental variances for test day milk yield ranged from 2.38 to 3.14 and from 7.55 to 10.35, respectively. The estimated heritabilities gradually increased from the beginning (0.14) to the end (0.20) of the lactation period, indicating that test day milk yield is a characteristic with moderate heritability. The genetic*

---

Recebido em 26 de maio de 2008

Aceito em 4 de fevereiro de 2009

\*Autor para correspondência (*corresponding author*)

E-mail: rorato@smail.ufsm.br

*correlation between milk yield in different phases of lactation ranged from 0.33 to 0.99 and was higher between the adjacent test days. The permanent environmental correlations followed the same tendency of the genetic ones. The random regression animal model using Legendre polynomials of order four can be considered as a good tool to estimate genetic parameters for milk production throughout the lactation.*

*Keywords: dairy cattle, variance components, genetic correlations, heritability, Legendre polynomial*

## INTRODUÇÃO

A medida padrão de produção de leite mais utilizada nas avaliações genéticas de vacas e touros é a produção de leite em até 305 dias (Ferreira et al., 2003). Para obtenção da produção em até 305 dias, são usados fatores de extensão/projeção da lactação, e sua acurácia depende diretamente desses fatores e, também, do número de controles leiteiros disponíveis na lactação de cada vaca. Assim, ao se utilizar desse procedimento, assume-se que não há variabilidade na forma da curva de lactação entre animais, e a consequência disso é a remoção de alguma variação genética da característica produção de leite (Shahrbabak, 1997).

Metodologias propostas mais recentemente buscam minimizar alguns problemas verificados quando da utilização da produção em até 305 dias, principalmente aqueles relacionados à utilização de fatores de projeção da lactação. Os modelos de regressão aleatória têm sido os escolhidos para aumentar a qualidade da avaliação genética de animais e já são adotados em avaliações genéticas oficiais de bovinos de leite de alguns países (Strabel et al., 2004). Segundo Strabel e Jamrozik (2002), a habilidade dos modelos de regressão aleatória em moldar as curvas de lactação para cada animal, para características como a produção de leite, tem feito deles os mais usados. Seu uso requer a escolha de uma função para modelar os efeitos fixos e aleatórios. Dentre várias funções, os polinômios de Legendre têm sido os mais utilizados pelos pesquisadores (Cobuci et al., 2006).

Segundo Melo (2003), tendo em vista que há indicações de que a herdabilidade para a característica produção de leite no dia do controle é maior que a da produção de leite ajustada para 305 dias, a adoção da herdabilidade, como critério de seleção, promoveria progresso genético mais rápido. No Brasil, Freitas (2003), Melo (2003), Costa et al.

(2005) e Dionello et al. (2006) adotaram a regressão aleatória no ajuste das produções de leite no dia do controle de animais das raças Girolando, Holandesa, Gir e Jersey, respectivamente.

Este trabalho teve o objetivo de estimar, por meio do modelo de regressão aleatória, parâmetros genéticos para produção de leite no dia do controle de vacas primíparas da raça Holandesa, de diferentes regiões no Estado do Rio Grande do Sul.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados são provenientes dos arquivos do Serviço de Controle Leiteiro da Associação de Criadores de Gado Holandês do Rio Grande do Sul (ACGHRs), com sede em Porto Alegre, RS. O arquivo inicial continha 168.103 registros de produção de leite no dia do controle, de vacas de primeira a 10ª ordem de lactação, coletados mensalmente pela ACGHRs entre os anos de 1991 e 2003, em 33 rebanhos, distribuídos em diferentes regiões do Estado.

Para aumentar a consistência do conjunto de dados, foram eliminadas as informações de vacas com idades ao primeiro parto abaixo de 20 ou acima de 48 meses; vacas filhas de touros que não tivessem, no mínimo, uma filha em dois rebanhos; vacas que não tivessem, no mínimo, seis controles por lactação e cujos controles não tivessem sido realizados entre o sexto e o 305º dia de lactação, após a data do parto; registros de produção diária de leite com menos de seis ou mais de 37kg e, finalmente, animais que não fossem puros de origem (PO). Após a edição, restaram 21.702 registros de produção de leite no dia do controle de 2.429 vacas primíparas da raça Holandesa, filhas de 233 touros, coletados em 33 rebanhos, entre os anos de 1992 e 2003.

O modelo de regressão aleatória utilizado para ajuste da produção de leite no dia do controle foi o seguinte:

### Estimação de parâmetros genéticos...

$$y_{ijk} = RAMC_i + \sum_{l=1}^2 b_l x_{ijk} + \sum_{m=1}^4 q_m Z_{jkm} + \sum_{m=1}^4 a_{jm} Z_{jkm} + \sum_{m=1}^4 p_{jm} Z_{jkm} + e_{ijk}, \quad \text{em que } y_{ijk}$$

é o controle  $k$  da vaca  $j$ , num período qualquer de dias em lactação ( $t$ ), dentro da classe  $i$  de rebanho-ano-mês do controle leiteiro;  $RAMC_i$  é o efeito fixo de rebanho-ano-mês do controle leiteiro;  $b_1$  e  $b_2$  são os coeficientes de regressão linear e quadrático da produção de leite sobre a idade da vaca ao parto;  $x_{ijk}$  é a idade da vaca ao parto, em meses;  $q_m$  é o vetor dos coeficientes fixos da regressão específicos para a modelagem da curva de lactação média da população;  $a_{jm}$  e  $p_{jm}$  são vetores dos coeficientes aleatórios da regressão específicos para a vaca  $j$ ;  $Z_{jkm}$  é o vetor de covariáveis, representado pelo polinômio de Legendre, em que  $m$  representa o  $m$ -ésimo parâmetro do polinômio de Legendre;  $e_{ijk}$  é o efeito aleatório residual associado a  $y_{ijk}$ .

O polinômio de Legendre de ordem 4 foi usado tanto para as regressões fixas como para as regressões aleatórias, e a variância residual foi considerada constante ao longo do período de lactação. A utilização do modelo de regressão aleatória prediz uma matriz de variâncias e covariâncias dos coeficientes de regressão

aleatória. Dessa maneira, as variâncias genéticas e de ambiente permanente são obtidas por meio da matriz de covariância e do vetor que contém coeficientes que descrevem a forma da curva de lactação.

As matrizes de variâncias e covariâncias dos coeficientes de regressão (genético-aditivo e de ambiente permanente), necessárias para o cálculo dos parâmetros genéticos, foram obtidas por meio do programa DxMRR (Meyer, 1998). Definiu-se como critério de convergência a diferença entre o valor de  $-2\log$  da função de verossimilhança, obtido em iterações consecutivas, menor que  $10^{-9}$ .

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média diária de produção de leite foi de  $21,19 \pm 5,50$ kg. Informações sobre a ordem de controles, dias em lactação, número de registros e produção de leite no dia do controle leiteiro são apresentadas na Tab. 1.

Tabela 1. Ordem do controle leiteiro, dias em lactação, número de registros (N) e produção média de leite de vacas da raça Holandesa

Controle (ordem)	Dias em lactação	N	Produção (kg)
1	23	2.265	22,59
2	55	2.334	23,45
3	85	2.358	22,98
4	117	2.402	22,29
5	148	2.414	21,56
6	179	2.418	20,81
7	210	2.302	20,01
8	240	2.145	19,37
9	268	1.857	18,59
10	292	1.187	17,91
Total		21.702	21,19

A produção de leite, ao longo dos controles, acompanhou o formato típico da curva de lactação de vacas leiteiras de raças europeias. Iniciou-se com 22,59kg no primeiro controle, aumentou para 23,45kg no controle seguinte e diminuiu, gradativamente, nos controles posteriores, até atingir 17,91kg no 10º controle.

Os valores para as estimativas de herdabilidade e para os componentes de variância genética aditiva, de ambiente permanente e residual para produção de leite no dia do controle leiteiro são apresentados na Tab. 2.

Tabela 2 Ordem do controle leiteiro, número de dias em lactação, estimativas de variâncias genética aditiva ( $\sigma_a^2$ ), de ambiente permanente ( $\sigma_{ap}^2$ ) e residual ( $\sigma_e^2$ ) e de herdabilidade ( $h^2$ ) para a produção de leite de vacas da raça Holandesa

Controle (ordem)	Dias em lactação	$\sigma_a^2$	$\sigma_{ap}^2$	$\sigma_e^2$	$h^2$
1	30	2,38	10,35	3,88	0,14
2	60	2,45	8,99	3,88	0,16
3	90	2,50	8,91	3,88	0,16
4	120	2,43	8,68	3,88	0,16
5	150	2,38	8,22	3,88	0,16
6	180	2,45	7,89	3,88	0,17
7	210	2,62	7,73	3,88	0,18
8	240	2,78	7,55	3,88	0,19
9	270	2,90	7,62	3,88	0,20
10	305	3,14	9,10	3,88	0,19

As estimativas da variância genética aditiva oscilaram do primeiro ao sexto controle, cresceram a partir deste, atingindo o valor máximo no 10º controle. Este comportamento foi diferente do observado por Olori (1997), Rekaya et al. (1999), Cobuci et al. (2005) e Araújo et al. (2006), com a raça Holandesa, por Freitas (2003), com a raça Girolando, e por Dionello et al. (2006), com a raça Jersey. Esses autores relataram estimativas de variâncias genéticas mais elevadas no início e no final da lactação, com valores mais baixos no período intermediário.

O maior valor para a estimativa de variância de ambiente permanente foi observado no primeiro controle, decresceu até o oitavo, quando atingiu o menor valor, e voltou a aumentar a partir deste até o 10º controle. Essa mesma tendência, para a raça Holandesa, foi observada por Melo (2003), Cobuci et al. (2005) e Costa et al. (2008), e indica que os fatores ambientais exerceram maior influência no início e no final da lactação. Também confirmam, parcialmente, os resultados de Ludwick e Petersen (1943), isto é, os fatores não genéticos tendem a influenciar, de forma mais expressiva, a produção de leite durante as primeiras semanas da lactação. Essa variabilidade na variância de ambiente permanente ao longo do período de lactação indica, também, que, ao ajustar uma função polinomial para esse efeito, é possível separar mais eficientemente a variação devido a fatores genéticos de não genéticos que atuam sobre a produção de leite.

A estimativa de variância residual ao longo do período de lactação foi igual a 3,88 kg<sup>2</sup>. Esse valor foi menor que 7,16kg<sup>2</sup>, 6,23kg<sup>2</sup> e 4,79kg<sup>2</sup>

observados na raça Holandesa por Cobuci et al. (2005), Araújo et al. (2006) e Costa et al. (2008), respectivamente. Costa et al. (2008) relataram que, embora a variância residual para a produção de leite seja heterogênea entre determinados estágios de lactação, a adoção de variância residual homogênea (constante ao longo do período de lactação) pelos modelos é uma opção parcimoniosa para ajuste das produções no dia do controle de vacas da raça Holandesa no Brasil.

A estimativa de herdabilidade para a produção de leite no dia do controle variou de 0,14 a 0,20 (Tab. 2), com gradual aumento no decorrer do período de lactação. Esse aumento nas estimativas de herdabilidade está parcialmente associado à redução da variância de ambiente permanente que promoveu redução na variância total e, conseqüente, aumento da contribuição proporcional da variância genética aditiva. Essa tendência crescente assemelha-se às relatadas por Melo (2003) e Cobuci et al. (2005), para a raça Holandesa, usando a função de Wilmink para modelar as variâncias genéticas e de ambiente permanente. Tendência decrescente foi observada, no Brasil, por Costa et al. (2005), para a raça Gir, por Freitas (2003), para a raça Girolando, e por Dionello et al. (2006), para a raça Jersey.

Uma terceira tendência, em que os maiores valores de herdabilidade se encontram na fase intermediária da curva de lactação, foi encontrada na literatura para diferentes raças e modelos (Olori 1997; Rekaya et al., 1999; Costa et al., 2005).

### Estimação de parâmetros genéticos...

Araújo et al. (2006), ao trabalharem com vacas da raça Holandesa no Estado de Minas Gerais, relataram que a maior parte da variação genética da produção de leite é explicada por genes que atuam sobre todo o período da lactação, indicando que a seleção para determinado estágio de lactação irá promover ganhos em todos os demais estágios da lactação.

As correlações genética e de ambiente permanente entre as produções de leite no dia do controle

seguiram tendências semelhantes e variaram de 0,33 a 0,99 e de 0,38 a 0,99, respectivamente (Tab. 3) e foram maiores entre controles adjacentes. Com exceção das correlações estimadas entre produções nos controles C30 e C240, C270 e C305, todos os valores foram superiores a 0,48, indicando que a seleção para o aumento da produção de leite em determinado estágio da lactação poderá ter influência positiva sobre os demais estágios da lactação.

Tabela 3. Estimativas de correlações genéticas (acima da diagonal) e de ambiente permanente (abaixo da diagonal) entre as produções de leite obtidas no dia do controle leiteiro

Controle (dias em lactação)	30	60	90	120	150	180	210	240	270	305
30	-	0,95	0,88	0,79	0,70	0,59	0,48	0,39	0,35	0,33
60	0,89	-	0,98	0,93	0,84	0,73	0,61	0,54	0,53	0,55
90	0,74	0,96	-	0,98	0,92	0,82	0,72	0,67	0,67	0,70
120	0,62	0,88	0,97	-	0,98	0,92	0,84	0,80	0,80	0,82
150	0,55	0,80	0,91	0,99	-	0,98	0,94	0,91	0,90	0,90
180	0,50	0,69	0,81	0,90	0,98	-	0,99	0,97	0,96	0,94
210	0,46	0,59	0,68	0,79	0,89	0,98	-	0,99	0,99	0,94
240	0,44	0,52	0,58	0,68	0,80	0,90	0,97	-	0,99	0,95
270	0,43	0,47	0,51	0,58	0,68	0,78	0,87	0,96	-	0,98
305	0,38	0,44	0,45	0,48	0,52	0,58	0,67	0,80	0,95	-

A fim de traçar um padrão para as correlações genéticas, na Fig. 1 encontra-se a representação gráfica das estimativas de correlações genéticas para produção de leite entre controles do início (C30), meio (C150) e final (C270) da lactação, e de outros dias da lactação. De modo geral, observa-se que os valores das correlações foram mais elevados entre os controles adjacentes. Padrão semelhante foi observado por Olori et al. (1999), Rekaya et al. (1999) e Cobuci et al. (2005), para a raça Holandesa, e por Dionello et al. (2006), para a raça Jersey.

De maneira geral, pode-se afirmar que os modelos de regressão aleatória que utilizam polinômios de Legendre de ordem quatro são eficientes em modelar a variação genética da produção de leite, concordando com estudo realizado por Cobuci et al. (2006) no Estado de Minas Gerais, que indicou o polinômio de Legendre de ordem quatro para ser usado em avaliações genéticas para produção ou persistência na produção de leite de animais da raça Holandesa.

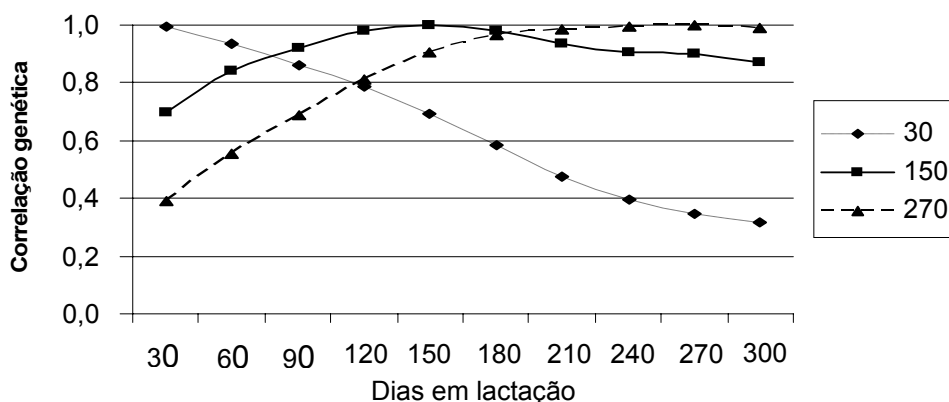


Figura 1. Correlações genéticas entre as produções de leite obtidas nos dias 30, 150 e 270 e nos demais dias da lactação.

## CONCLUSÕES

Os resultados indicam que a produção de leite no dia do controle é uma característica de moderada herdabilidade e que a seleção para essa característica pode promover progresso genético. O modelo de regressão aleatória, que utiliza o polinômio de Legendre de ordem quatro, configura-se como uma boa ferramenta para estimação de parâmetros genéticos da produção de leite ao longo da lactação para vacas da raça Holandesa.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPq pela concessão de bolsas de estudos e à Associação de Criadores de Gado Holandês do Rio Grande do Sul pela concessão do banco de dados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, C.V.; TORRES, R.A.; COSTA, C.N. et al. Uso de funções ortogonais para descrever a produção de leite no dia de controle por meio de modelos de regressão aleatória. *Rev. Bras. Zootec.*, v.35, supl., p.967-974, 2006.
- COBUCCI, J.A.; COSTA, C.N.; TEIXEIRA, N.M. et al. Utilização dos polinômios de Legendre e da função de Wilmink em avaliações genéticas para persistência na lactação de animais da raça Holandesa. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.58, p.614-623, 2006.
- COBUCCI, J.A.; EUCLYDES, R.F.; LOPES, P.S. et al. Estimation of genetic parameters for test-day milk yield in Holstein cows using a random regression models. *Genet. Molec. Biol.*, v.28, p.75-83, 2005.
- COSTA, C.N.; MELO, C.N.R.; MACHADO, C.H.C. et al. Parâmetros genéticos para a produção de leite de controles individuais de vacas da raça Gir estimados com modelos de repetibilidade e regressão aleatória. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, p.1520-1531, 2005.
- COSTA, C.N.; MELO, C.N.R.; PACHER, I.U. et al. Genetic parameters for test day milk yield of first lactation Holstein cows estimated by random regression using Legendre polynomials. *Rev. Bras. Zootec.*, v.37, p.602-608, 2008.
- DIONELLO, N.J.L.; SILVA, C.A.S.; COSTA, C.N. et al. Estimação de parâmetros genéticos utilizando a produção de leite no dia do controle em primeiras lactações das vacas da raça Jersey. *Rev. Bras. Zootec.*, v.35, supl., p.1646-1652, 2006.
- FERREIRA, J.W.; TEIXEIRA, N.M.; EUCLYDES, R.F. Avaliação genética de bovinos da raça Holandesa usando a produção de leite no dia do Controle. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.295-303, 2003.
- FREITAS, M.S. *Utilização de modelos de regressão aleatória na avaliação genética de animais da raça Girolando*. 2003. 78f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- LUDWICK, T.M.; PETERSEN, W.E. A measure of persistency of lactation of dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.26, p.439-445, 1943.
- MELO, C.M.R. *Componentes de variância e valores genéticos para as produções de leite no dia do controle e da lactação na raça Holandesa com diferentes modelos estatísticos*. 2003. 97f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MEYER, K. DXMRR: a program to estimate covariance functions for longitudinal data by Restricted Maximum Likelihood. In: WORLD CONGRESS OF GENETICS APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 6., 1998, Armidale. *Proceedings...* Armidale: University of New England, 1998 (CD-ROOM).
- OLORI, V.E. *Utilization of daily milk records in genetic evaluation of dairy cattle*. 1997. 1v. Thesis (Ph.D) - University of Edinburgh, Edinburgh, UK.
- OLORI, V.E.; HILL, W.G.; MCGUIRK, B.J. et al. Estimating variance components for test day milk records by restricted maximum likelihood with a random regression animal model. *Livest. Prod. Sci.*, v.61, p.53-63, 1999.
- REKAYA, R.; CARABAÑO, M.J.; TORO, M.A. Use de test day yields for the genetic evaluation of production traits in Holstein-Friesian cattle. *Livest. Prod. Sci.*, v.57, p.203-217, 1999.
- SHAHRBABAQ, M.M. *Feasibility of random regression models for Iranian Holstein test day records*. 1997. 138f. Thesis (PhD) – University of Guelph, Guelph, Canada.
- STRABEL, T.; JAMROZIK, J. The effect of incorrect estimated variance and covariance components on genetic evaluation of dairy cattle with random regression models. In: WORLD CONGRESS OF GENETIC APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier, France. *Proceedings...* Montpellier: WCGALP, 2002. Communication, 01-09. (CD-ROM).
- STRABEL, T.; PTAK, E.; SZYDA, J. et al. Multiple-lactation random regression test-day model for Polish Black and White cattle. *Interbull Bull.*, n.32, p.133-136, 2004.