

INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE EM BOVINOS DA RAÇA HOLANDESA BRASILEIROS E COLOMBIANOS*

GENOTYPE BY ENVIRONMENT INTERACTION IN BRAZILIAN AND COLOMBIAN HOLSTEIN POPULATION

Cerón-Muñoz, M.F.¹, H. Tonhati², C.N. Costa³, D. Rojas Sarmiento⁴ e C. Solarte Portilla⁵

¹Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia. Carrera 75 n° 65-87. Medellín. Colombia.

E-mail: mceronm@universia.net.co

²Departamento de Melhoramento Genético Animal. FCAV-UNESP. 14884-900. Jaboticabal, SP. Brazil.

E-mail: tonhati@fcav.unesp.br

³EMBRAPA Gado de Leite. 36038-330. Juiz de Fora, MG. Brazil. E-mail: cnc(@)cnppl.embrapa.br

⁴Asoholstein de Colombia. Autopista Norte km 19. Bogotá. Colombia.

⁵Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño. Ciudadela Universitaria Torobajo. Pasto. Nariño. Colombia. E-mail: csolarte@udenar.edu.co

PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Gado leiteiro. Parâmetros genéticos.

ADDITIONAL KEYWORDS

Dairy cattle. Genetic parameters.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar a existência da interação genótipo-ambiente (IGA) na produção de leite (PL) de bovinos da raça Holandesa do Brasil e da Colômbia. Foram utilizadas 47484 e 23591 primeiras lactações de vacas brasileiras e colombianas, respectivamente, filhas de 1898 touros, sendo 481 touros norte-americanos comuns aos dois países. Foi utilizada uma análise bi-característica com modelo animal, considerando as PL de cada país como características distintas. Foram incluídos os efeitos fixos de grupo contemporâneo (rebanhano de parto), grupo genético do touro, grupo genético de vaca e os efeitos aleatórios de animal e resíduo. As médias e desvios-padrão da PL para o Brasil e Colômbia foram de 6589,72 ± 1678,07 kg e 5881,00 ± 1595,91 kg, respectiva-

mente. Os componentes de variância genético aditivo para o Brasil e a Colômbia foram 470238,78 kg² e 259546,85 kg², os residuais foram 951346,52 kg² e 684076,24 kg² e as herdabilidades 0,31 e 0,28, respectivamente. A correlação genética da PL entre o Brasil e a Colômbia foi 0,74, evidenciando resposta à seleção potencialmente diferente à esperada pelo uso de sêmen importado nos dois países. Portanto, cada país deve estruturar seus próprios programas de avaliação genética, orientados em seus objetivos nacionais já que existe inconsistência da superioridade dos genótipos com a variação ambiental.

SUMMARY

The objective of this research was to determine the existence of genotype by environment interaction (GxE) in milk yield (MY) in Holstein

*Parte da Tese de doutorado do primeiro autor - FCAV-Unesp. Financiado pela FAPESP - Brasil.

cattle from Brazil and Colombia. Data consisted of 47484 and 23591 first lactation of cows daughter of 1898 sires, those at 481 north American sires. REML bivariate animal model analyses were used to estimate genetic correlations for MY between countries. The means of milk yield from Brazil and Colombia were 6589.72 ± 1678.07 kg and 5881.00 ± 1595.91 kg, respectively. The genetic variance in Brazil and Colombia were 470238.78 kg² and 259546.85 kg², the residual variances were 951346.52 kg² e 684076.24 kg² and the heritabilities 0.31 and 0.28, respectively. The genetic correlation the MY PL between Brazil and Colombia was 0.74 indicated existence of GxE. Therefore, these results encourage to propose that a genetic evaluation program in cattle, may be done in each country, considering its own economical aspects.

INTRODUÇÃO

A importação de material genético de gado Holandês para a América Latina produziu um aumento na produção de leite, permitindo atender às necessidades imediatas dos produtores nacionais que procuram melhorar seus rebanhos baseados no potencial genético adquirido. Entretanto, o desempenho produtivo e reprodutivo destes animais nem sempre alcança níveis esperados, pois sofre influência de vários fatores ambientais que determinam a expressão dos genótipos submetidos a diversas condições climáticas, nutricionais e de manejo (Solarte, 1992; Menendez e Guerra, 1984; Stanton, 1990; Costa, 1998b; Cienfuegos-Rivas *et al.*, 1999).

O potencial genético dos animais é expresso na medida em que as condições ambientais o permitem. O ambiente não modifica a constituição genética do indivíduo, ainda que os

fatores ambientais determinam a extensão com a qual se expressa o genótipo, portanto há possibilidade de que o melhor genótipo em um ambiente não o seja no outro (Warwick e Legates, 1980; Cruz e Regazzi, 1994). Assim, vários pesquisadores que compararam países latino-americanos com os Estados Unidos e o Canadá mostraram que o desempenho do material genético importado foi diferente de país para país em virtude das condições ambientais a que foram submetidos, e que touros com bons desempenhos em seus países de origem nem sempre expressaram seus potenciais em outros ambientes (Menendez e Guerra, 1984; Abubakar *et al.*, 1987; Blake *et al.*, 1988; Cienfuegos-Rivas *et al.*, 1999; Holman *et al.*, 1990; Stanton, 1990; Powell *et al.*, 1990; Hourri Neto, 1996; Costa, 1998b).

Cienfuegos-Rivas *et al.* (1999), Stanton (1990) e Costa (1998b) também verificaram que o coeficiente de resposta correlacionada em países Latino-americanos à seleção praticada nos Estados Unidos foi drasticamente menor do que 1.0 porque existem menores variâncias genéticas nos países importadores e reclassificação dos reprodutores. No caso do Brasil e da Colômbia os coeficientes de resposta correlacionada da produção de leite foram 0,66 e 0,56, respectivamente (Costa, 1998b; Stanton, 1990), o que leva à redução considerável no progresso genético nestes países. Portanto, é necessário que as populações bovinas sejam avaliadas nestes países e dever-se-ia procurar a realização de avaliações genéticas conjuntas entre países como ferramenta adicional para complementar as

INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE

avaliações genéticas nacionais (Costa, 1998a).

Banos e Smith (1991) indicaram que a seleção de touros em avaliação conjunta aumenta o progresso genético nos países envolvidos, principalmente, quando estes apresentam objetivos semelhantes de seleção ou são agrupados em países com populações pequenas e/ou com baixo progresso genético.

No sentido de consolidar a cooperação dos países latino-americanos e a sua possível participação no cenário de avaliação genética internacional, é necessário conhecer as relações genéticas e verificar a possível interação genótipo-ambiente (*JGA*) nas populações bovinas leiteiras destes países. Este tipo de estudos permite mostrar a influência dos ambientes (sub) tropicais no germoplasma proveniente de climas temperados, onde o retorno econômico pelo investimento na utilização de sêmen em alguns sistemas de produção pode ser pequeno em consequência do uso inapropriado (Stanton, 1990).

O objetivo desta pesquisa foi determinar a existência de interação genótipo-ambiente da produção de leite de bovinos da raça Holandesa no Brasil e na Colômbia.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados registros de produção de leite de vacas primíparas da raça Holandesa de rebanhos brasileiros e colombianos, provenientes dos arquivos das Associações Estaduais filiadas à Associação Brasileira de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (ABCBRH) e dispo-

nibilizadas no Arquivo Zootécnico Nacional, gerenciado pela Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, Minas Gerais e dos arquivos da *Asociación Holstein de Colombia*. A produção de leite foi corrigida para 305 dias de lactação, idade e época de parto, utilizando-se fatores de ajustamento calculados por Torres (1998) e Torres *et al.* (2000a), para o Brasil e por Cerón-Muñoz *et al.* (2003), para a Colômbia.

Foram descartados registros por informações incompletas e causas de secagem anormais. Posteriormente foram formados grupos contemporâneos por rebanho e ano (*RA*) e eliminados os grupos com menos de cinco lactações. Também foram eliminados reprodutores com menos de 2 filhas e não estivessem em no mínimo em dois rebanhos por país, sendo então analisadas 71075 lactações (**tabela I**).

Foram formados grupos genéticos de touros, considerando-se as suas origens (Brasil, Canadá, Colômbia e Estados Unidos) e período de nascimento dentro de cada origem, conforme descrito na **tabela II**. Também as vacas foram agrupadas segundo a classificação das associações de criadores de gado Holandês de cada país (Holandês puro de origem e com composição genética igual ou superior a 31/32 da raça Holandesa).

Os componentes de (co)variância foram estimados utilizando uma análise bi-característica com modelo animal, usando o método de máxima verossimilhança restrita (REML-Restricted Maximum Likelihood) com um algoritmo livre de derivações, incluindo os efeitos fixos de *RA*, grupo genético de touro, grupo genético de vaca e os efeitos aleatórios de animal e resíduo.

Tabela I. Distribuição dos registros de produção de leite, rebanhos e reprodutores da raça Holandesa no Brasil e na Colômbia. (Distribution of the records of production of milk, herds and sires in Brazil and Colombia Holstein).

	Brasil	Colômbia	Total
Número de registros de produção de leite	47484	23591	71075
Número de rebanhos	944	366	1310
Número de grupos contemporâneos Rebanho-Ano	3804	1928	5732
Número de reprodutores	1370	1009	1898*

*481 touros comuns aos dois países.

O modelo em notação matricial para análise bi-característica das produções de leite entre os dois países pode ser representado como:

$$y_i = X_i b_i + Z_i a_i + e_i$$

com

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

em que:

y_i = Vetor de observações para a i -ésima produção de leite, $i=1$ = Brasil e 2 = Colômbia.

b_i = Vetor dos efeitos fixos de RA, grupo genético de vaca e grupo genético do touro para i -ésima característica.

a_i = Vetor de efeito aleatório genético aditivo do animal para a i -ésima característica.

e_i = Vetor de efeitos aleatórios residuais para a i -ésima característica.

X_i é a matriz de incidência relacionada aos efeitos fixos relacionados a b_i e Z_i é a matriz de incidência relacionada ao efeito aleatório genético aditivo do animal (a_i).

As pressuposições em relação aos 1º e 2º momentos foram:

$$\begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} \sim NMV \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} G & 0 \\ 0 & R \end{bmatrix} \right)$$

sendo que:

$G = A \otimes G_0$ é a matriz de (co) variâncias genéticas aditivas entre as características e ,

$$G_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{a11}^2 & \sigma_{a12} \\ \sigma_{a21} & \sigma_{a22}^2 \end{bmatrix}$$

em que σ_{a11}^2 é a variância genética aditiva da característica $i=1,2$ e σ_{a12}^2 é a covariância genética aditiva entre as características 1 e 2; e

$R = I \otimes R_0$ é a matriz de (co) variâncias residuais entre as características e ,

$$R_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{e11}^2 & 0 \\ 0 & \sigma_{e22}^2 \end{bmatrix}$$

em que σ_{e11}^2 é a variância residual da característica $i=1,2$.

Os componentes de (co)variância foram estimados por meio do programa computacional MTDFREML desenvolvido por Boldman *et al.* (1993).

INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE

Tabela II. Número de touros e filhas por grupo genético de touro no Brasil e na Colômbia. (Number of sires and daughters in sire genetic group in Brazil and Colombia).

Grupo genético	Brasil		Colômbia		Touros comuns aos dois países
	Touros	Filhas	Touros	Filhas	
Br (≤1979)	84	2413	-	-	0
Br (1980-1984)	214	4482	-	-	0
Br (1985-1993)	270	2650	-	-	0
Ca (≤1976)	69	2729	50	1104	29
Ca (1977-1982)	40	3275	34	1816	19
Ca (1983-1993)	56	2165	59	1554	38
Co (≤1979)	-	-	52	1220	0
Co (1980-1984)	-	-	78	1780	0
Co (1985-1993)	-	-	91	1514	0
Eu (≤1974)	162	6251	158	3540	109
Eu (1975-1979)	180	10406	134	3296	104
Eu (1980-1983)	116	6850	175	4247	78
Eu (1984-1993)	179	6263	178	3520	104

Br= Touros brasileiros; Ca= Touros canadenses; Co= Touros colombianos; Eu= Touros estado-unidenses.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias e desvios-padrão da produção de leite para o Brasil e Colômbia foram de $6589,72 \pm 1678,07$ kg e $5881,00 \pm 1595,91$ kg, respectivamente. Nos Estados Unidos, caracterizado por ser o maior exportador de sêmen para a América Latina, a média de produção de leite foi 8329 kg (Zwald *et al.*, 2003). Para Stanton (1990), como a média de produção de leite em países (sub) tropicais é inferior à dos Estados Unidos da América, espera-se que a média da resposta das filhas para a seleção de touros seja menor nesses países.

Observou-se que existiram diferenças nas médias e variâncias fenotípicas da produção de leite entre os dois países nos diferentes anos (**figura**

1). A produção de leite em rebanhos colombianos nos diferentes anos de estudo diminuiu entre 1986 e 1990, com posterior aumento. Este fenômeno foi discutido por Correa (1992), o qual manifestou que a produção de leite a partir de 1986 diminuiu em aproximadamente 400 kg/vaca/ano, possivelmente em razão de problemas de origem social e realocização dos rebanhos. No caso do Brasil, foi observado incremento do número de rebanhos e animais controlados e da média de produção de leite ao longo dos anos, especialmente a partir de 1986, quando foi melhor estruturado o sistema de controle leiteiro e iniciaram-se as avaliações genéticas de touros (Costa, 1998b).

Segundo Waltrick e Koops (2002), no início dos anos 90, a crise política

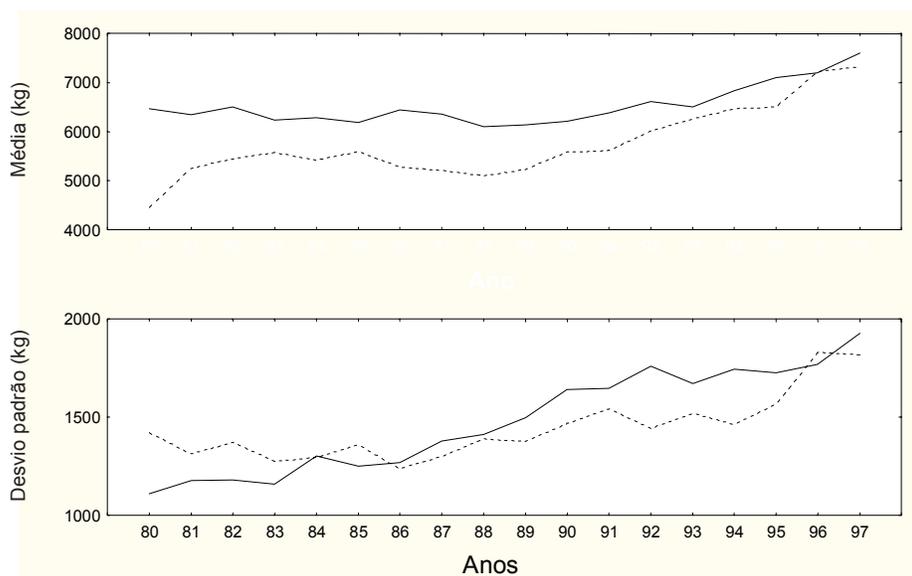


Figura 1. Médias e desvios-padrão da produção de leite na primeira lactação de gado Holandês brasileiro (—) e colombiano (---) nos anos de estudo. (Means and standards deviation of the milk yield in first calving in Brazilian and Colombian Holstein population).

brasileira levou à diminuição de animais controlados e diminuição na produção de leite; posterior a esta crise existiu rápido incremento no número de animais e registros. Tais fatos evidenciaram que as condições meteorológicas e características sócio-econômicas próprias de cada país são determinantes na produção de leite e de suas variações ao longo de determinado período.

Os componentes de variância genético aditivo e residual para o Brasil foram 470238,78 kg² e 951346,52 kg², respectivamente (**tabela III**). Estas estimativas estão dentro da variação encontrada em outros trabalhos brasileiros que utilizaram a mesma fonte de informação, mas com número

de registros de produção e informações genealógicas diferentes. Torres *et al.* (2000b) utilizaram um modelo animal, sem incluir o efeito de grupo genético de touro. Estes autores obtiveram estimativas dos componentes de variância genética aditiva e residual de 394234,54 kg² e 815114,08 kg², respectivamente. Costa (1998b) utilizou um modelo touro, incluindo o efeito de grupo genético de touro e obteve estimativas de variância genética de touro de 87592 kg² e a variância residual de 1263,474 kg². Para a Colômbia, os componentes de variância genética aditiva e residual foram 259546,85 kg² e 684076,24 kg², respectivamente; estes valores foram semelhantes aos estimados por Stanton

INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE

Tabela III. Estimativas de (Co)variância, herdabilidades e correlação genética da produção de leite de gado Holandês do Brasil e da Colômbia. ((Co)variances, heritabilities and genetic correlations estimates of milk yield of brazilian and colombian Holstein cattle).

	Brasil	Colômbia
Média da produção de leite (kg)	6589,72	5881,00
Desvio-padrão da produção de leite (kg)	1678,07	1595,91
Coefficiente de variação (p.100)	25,46	27,14
Variância genética aditiva (kg ²)	470238,78	259546,85
Variância residual (kg ²)	951346,52	684076,24
Herdabilidade	0,33	0,28
	Brasil - Colômbia	
Covariância genética entre Brasil e Colômbia (kg ²)	260151,91	
Correlação genética entre Brasil e Colômbia	0,74	

(1990) que encontrou componentes de variância de touro e residual de 66006 kg² e 837896 kg², respectivamente.

As variâncias genética e residual da produção de leite na Colômbia foram respectivamente 55,20 p.100 e 72,00 p.100 das variâncias estimadas no Brasil, portanto, haveria menor ganho genético nos rebanhos colombianos. Costa (1998b) e Stanton (1990) obtiveram menores componentes de variância no Brasil e na Colômbia, quando comparados com os Estados Unidos, o que indicou que a resposta à utilização de material genético importado foi menor que a esperada.

Os coeficientes de herdabilidade para produção de leite no Brasil e na Colômbia foram 0,31 e 0,28, respectivamente. Esses valores foram semelhantes aos estimados por Houry Neto (1996), Torres *et al.* (2000b) e Costa (1998b) no Brasil, os quais variaram de 0,26 a 0,33 e por Stanton (1990), Correa (1992) e Solarte (1992) na Colômbia, os quais variaram de 0,20 a 0,29. Também essas estimativas foram

semelhantes às estimadas em outros países latino-americanos como Equador, Venezuela, Cuba, México e Porto Rico (Mendoza *et al.*, 1987, Morales *et al.*, 1990, Cordovi *et al.*, 1989, citados por Solarte, 1992; Cienfuegos-Rivas *et al.*, 1999; Stanton, 1990).

A correlação genética da produção de leite entre o Brasil e a Colômbia foi 0,74. Este valor indica que possivelmente existiram alterações na ordem de classificação dos touros nos dois países, sugerindo a existência de IGA (Stanton, 1990; Costa, 1998b). Este fato evidencia que nos ambientes brasileiros e colombianos as progênes de touros norte-americanos mostraram desempenhos diferentes nos dois países e, conseqüentemente, a resposta à seleção foi potencialmente diferente à esperada, porquanto existiu inconsistência de superioridade dos genótipos com a variação ambiental. Diferenças na magnitude das variâncias e correlações genéticas não unitárias da produção de leite entre ambientes sugerem que cada país deve estruturar

seus próprios programas de seleção, orientando-se em seus objetivos nacionais. Todavia, a integração latino-americana em programas globais de melhoramento genético pode ser uma decisão estratégica no sentido de estabelecer envergadura aos seus programas nacionais de seleção, o que favoreceria as decisões de criadores nos investimentos para melhorar seus rebanhos.

No contexto do cenário internacional, o conhecimento das relações genéticas dos bovinos da raça Holandesa nos países latino-americanos estabelecer-se-ia as condições preliminares para uma futura participação destes países no Interbull. A unificação de países latino-americanos permitiria construir uma estrutura sólida para a seleção de material genético próprio para estes países.

São muitas as similitudes nos sistemas de produção de leite com gado Holandês nos países latino-americanos, entre elas, estes países caracterizam-se pela falta de programas de seleção e por apresentarem bases genéticas semelhantes devido à realização de importações de material genético, principalmente de sêmen norte-americano. O fato de apresentarem sistemas de produção se-

melhantes, conexões genéticas e possivelmente os mesmos objetivos de seleção, permitiria a realização de avaliações genéticas conjuntas para aumentar potencialmente a confiabilidade destas avaliações, porquanto seria incrementado o número de progênes avaliadas por reprodutor.

Estes países poder-se-iam agrupar para avaliar seus recursos genéticos no contexto de suas próprias condições sócio-econômicas. Não existem dúvidas sobre os potenciais benefícios da avaliação genética conjunta, principalmente porque permitiria maior progresso genético em países latino-americanos e deixaria evidente a posição desses países no contexto internacional, os quais são responsáveis por alta porcentagem das exportações de sêmen dos Estados Unidos e do Canadá.

No sentido de cooperação de países latino-americanos e possível participação no cenário mundial de avaliação genética, em princípio é necessário conhecer as relações genéticas e verificar a possível *IGA* nas populações bovinas leiteiras desses países. Neste trabalho foi observada a existência de *IGA* sob diferentes processos de identificação e medida da sua existência entre ambientes brasileiros e colombianos.

REFERÊNCIAS

- Abubakar, B.Y., R.E. MC Doweel and L.D. Van Vleck. 1987. Interaction of genotype and environment for breeding efficiency and milk production of Holstein in Mexico and Colombia. *Trop. Agric.*, London, 64: 17-44.
- Banos, G. and C. Smith. 1991. Selection bulls across countries to maximize genetic improvement in dairy cattle. *J. Anim. Breed. Genet.*, Berlin, 108: 174-181.
- Blake, R.W., F.J. Holmnn, J. Gutierrez and G.F. Cevallos. 1988. Comparative profitability of United States Holstein artificial insemination sires in Mexico. *J. Dairy Sci.*, Champaign, 71: 1378-1388.

INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE

- Boldman, K.G., L.A. Kriese and L.D. Van Vleck. 1993. A manual for the use of MTDFREML: a set of programs of variances and covariances. Lincoln: Department of Agriculture Research Service. 120 p.
- Cerón-Muñoz, M.F. H. Tonhati, C.N. Costa, C. Solarte y O.F. Benavides. 2003. Factores de ajuste para producción de leche en bovinos Holstein Colombiano. *Rev. Col. Cien. Pec.*, Medellín, 16: 26-32.
- Cienfuegos-Rivas, R.E., P.A. Oltenacu, R.W. Blake, S.J. Schwager, H. Castillo-Juarez and F.J. Ruiz. 1999. Interaction between milk yield of Holstein cows in Mexico and the United States. *J. Dairy Sci.*, Champaign, 82: 2218.
- Correa, E. 1992. Índices de seleção para ganado Holstein registrado en cuatro regiones de Colombia. 125f. Dissertação (Mestrado em Produção e Reprodução Animal)-Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Costa, C.N. 1998a. Estruturação do Arquivo Zootécnico Nacional-Gado de leite e organização do Sistema Nacional de Avaliação Genética de gado de leite. In: Simpósio Brasileiro de Melhoramento animal, Uberaba. p.59-65.
- Costa, C.N. 1998b. Genetic relationships for milk and fat yields between Brazilian and United States Holstein cattle populations. 175f. Thesis (Doctor of Philosophy)-Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca.
- Cruz, C.D. e A.J. Regazzi. 1994. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 390 p.
- Holman, F.J., R.W. Blake, R.A. Milligan, P.A. Oltenacu, R. Barker and M.V. Hanh. 1990. Economic returns from United States artificial insemination sires in Holstein herds in Colombia, Mexico and Venezuela. *J. Dairy Sci.*, Champaign, 73: 2179-2189.
- Houri Neto, M.H. 1996. Interação genótipo-ambiente e avaliação genética de reprodutores da raça Holandesa, usados no Brasil e nos Estados Unidos da América. 204f. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Menendez, B.A. y D. Guerra. 1984. Relación entre el valor genético de sementales Holstein evaluados en Cuba, Canadá y Méjico. In: Congreso latinoamericano de Producción Animal, 16, p.161.
- Powell, R.L., G.R. Wiggans and R.D. Plowman. 1990. Evaluation of Holstein bulls and cows in Ecuador. *J. Dairy Sci.*, Champaign, 73: 3330.
- Solarte, C. 1992. Utilización de diferentes métodos para estimar valor genético en producción de leche de reproductores Holstein registradas en cuatro regiones de Colombia. 1992. Dissertação (Mestrado em Produção e Reprodução Animal)-Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Stanton, T.L. 1990. Investigation of genotype by environment interaction for Holstein milk yield in Colombia, Mexico and Puerto Rico. 1990, 207f. Thesis (Doctor of Philosophy)-Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca.
- Torres, R.A. 1998. Efeito da heterogeneidade de variância na avaliação genética de bovinos da raça holandesa no Brasil. 133f. Tese (Doutorado em Ciência Animal)-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Torres, R.A., C.N. Costa, C.V. Araujo, J.A. Bergmann, R.A. Torres Filho e C.S. Pereira. 2000a. Ajustamento da produção de leite para os efeitos simultâneos de ordem, idade e estação de parto. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, 29: 2253-2259.
- Torres, R.A., J.A. Bergman, C.N. Costa, C.S. Pereira, J. Valente, V.M. Penna, R.A. Torres Filho e C.V. Araujo. 2000b. Heterogeneidade de variância e avaliação genética de bovinos da raça holandesa no Brasil. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, 29: 1050-1059.
- Waltrick, B. and W.J. Koops. 2002. Effect of economic crisis on sustainability aspects of Holstein dairy systems in Brazil. *Outlook Agric.*, London, 31: 121-128.
- Warwick, E.J. y J. Legates. 1980. Cría y mejora

CERÓN-MUÑOZ, TONHATI, COSTA, ROJAS SARMIENTO E SOLARTE PORTILLA

- del ganado. 3rd ed. México: McGraw-Hill, 623 p.
- Weigel, K.A. and R. Rekaya. 2000. A multiple-trait herd cluster model for international dairy sire evaluation. *J. Dairy Sci.*, Champaign, 83: 821.
- Zwald, N.R., K.A. Wiegel and W.F. Fikse. 2003. Application of a multiple-trait herd cluster model for genetic evaluation of dairy sires from seventeen countries. *J. Dairy Sci.*, Champaign, 86: 376-382.

Recibido: 5-7-03. Aceptado: 13-2-04.

Archivos de zootecnia vol. 53, núm. 203, p. 248.