

# INTERACCIÓN GENOTIPO X AMBIENTE SOBRE EL PESO AL DESTETE DE BOVINOS NELORE EN BRASIL

## WEANING WEIGHT GENOTYPE X ENVIRONMENTAL INTERACTION FOR NELLORE CATTLE IN BRAZIL

Souza, J.C.<sup>1,2</sup>, M.C. Doska<sup>1,3</sup>, L.O.C. Silva<sup>1,4</sup>, A. Gondo<sup>4</sup>, A.A. Ramos<sup>1,5</sup>, C.H.M. Malhado<sup>6</sup>, I.W. Santos<sup>2</sup>, J.A. Freitas<sup>2</sup>, P.B. Ferraz Filho<sup>7</sup> y J.R.B. Sereno<sup>1,8</sup>

<sup>1</sup>Bolsista CNPq.

<sup>2</sup>Universidade Federal do Paraná (UFPR). Palotina, PR. CEP 85950-000. Brasil. jcs@ufpr.br

<sup>3</sup>Universidade Federal do Paraná (UFPR). Curitiba, PR. CEP 81530-900 Brasil.

<sup>4</sup>Embrapa Gado de Corte. Campo Grande, MS. Brasil.

<sup>5</sup>Universidade Estadual Paulista (UNESP). Campus Botucatu, SP. Brasil.

<sup>6</sup>Universidad Estatal del Sudoeste de Bahía (UESB). Jequié, BA. Brasil.

<sup>7</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Ceul. Três Lagoas, MS. Brasil.

<sup>8</sup>Embrapa Cerrados. Planaltina, DF. Brasil.

### PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Pantanal. Parámetros genéticos. Tendencia. Cebú.

### ADDITIONAL KEYWORDS

Pantanal. Genetic parameters. Trends. Zebu.

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo es ponderar los parámetros genéticos y evaluar la interacción genotipo x ambiente para el peso al destete (P205) en dos regiones brasileñas. Han sido analizadas 46390 muestras de animales de la raza Nelore, durante 27 años, en 398 fincas ubicadas en dos regiones del Pantanal y Goiás. Los componentes de varianza fueron obtenidos, usando el programa MTDFREML. El modelo estadístico contiene los efectos fijos de grupo contemporáneo (finca, sexo, estación y año de nacimiento) y la edad de la vaca como (co)variable (cuadrática); como efecto aleatorio los efectos genéticos directo, materno y de ambiente permanente de la vaca. La correlación genética entre las dos regiones es 0,61, constatándose el efecto de la interacción genotipo x ambiente. Las heredabilidades directa y materna y la tendencia genética fueron 0,34; 0,07 y 8,4 kg, y 0,27; 0,09 y 11,8 kg para la región del Pantanal y Goiás, respectivamente.

### SUMMARY

The objectives of this study were to evaluate the genotype x environmental interactions and

estimates of genetic parameters for weaning weight (P205) in two Brazilian regions. Weights of Nelore calves (n= 46 390) were collected over a 27 year period, on 398 farms in the regions of Pantanal and Goiás. The MTDFREML program was used for estimation of variances components. The statistical model has a fixed effect of contemporary groups (farm, sex, season and year of birth) and age of dam at parturition (quadratic); random effects of direct genetics effects, maternal genetic effects and permanent environmental effects. The genetic correlation for weaning weight in Pantanal and Goiás was 0.61, evidence of the genotype x environmental interaction. The direct and maternal heritabilities and genetic trend were 0.34, 0.07 and 8.4 kg and 0.27, 0.09 and 11.8 kg. for animals raised in Pantanal and Goiás, respectively.

### INTRODUCCIÓN

Brasil posee el mayor rebaño comercial de bovinos del planeta, con más de 195 millones de cabezas (IBGE, 2004) y en el año

*Recibido: 21-9-06. Aceptado: 17-5-07.*

*Arch. Zootec. 57 (218): 171-177. 2008.*

de 2003, se ha consolidado como el mayor exportador de carne bovina del mundo. El ganado Cebú criado en la mayor parte del país puede ser encontrado, generalmente, en las más distintas regiones bajo varios niveles (diferentes tipos) de manejo. La interacción genotipo x ambiente ocurre cuando animales de un genotipo particular se desarrollan mejor en ciertos ambientes que en otros. Con objetivo de investigar estos factores, Falconer (1952), Pani *et al.* (1971), Silva (1990), Souza (1997), Souza *et al.* (1998), Mattos *et al.* (2000), Souza *et al.* (2003) y Mederos (2005) evaluaron el efecto de la interacción en diferentes ambientes con la finalidad de estudiar las distintas respuestas presentadas por los animales domésticos cuando son expuestos a ambientes variados, así como de obtener estimaciones de parámetros genéticos para distintas regiones. Conocer los factores de la interacción genotipo x ambiente que afectan el crecimiento del ganado de carne es de gran utilidad para proyectar sistemas de producción y permitir la identificación de los mejores animales para un determinado ambiente.

Los efectos ambientales debidos a las ganaderías de procedencia, especialmente en ganaderías extensivas, tienen un peso muy importante en el rendimiento de los terneros en el cebadero (Liu y Makarechian, 1993; Díaz y Carabaño, 2000; Schenkel *et al.*, 2002). Muchos de estos efectos son dependientes del tiempo y se pueden estudiar a través de modelos estadísticos, una vez que su efecto se atenúa conforme el animal se desarrolla (Albuquerque y Meyer, 2001; Schenkel *et al.*, 2002).

Dentro de este tipo de aproximación se han propuesto dos tipos de alternativas. La primera, desarrollada inicialmente por Kirkpatrick y Heckman (1989) y clasificada por Pletcher y Geyer (1999) como no paramétrica desde el punto de vista del análisis estadístico, contempla el uso de polinomios ortogonales como funciones de (co)varianza. Esta aproximación es la adoptada en el modelaje de los datos de producción leche-

ra a lo largo de la lactancia en los esquemas nacionales de valoración genética (Schaeffer *et al.*, 2000). En ganado vacuno de carne ha sido empleada en varios trabajos donde se pretende identificar el grado óptimo de los polinomios a emplear para modelar el peso a distintas edades (Meyer, 1999, 2000; Albuquerque y Meyer, 2001; Schenkel *et al.*, 2002). El uso de polinomios como funciones de (co)varianza presenta algunos inconvenientes, como la naturaleza excesivamente oscilante de los mismos y su incapacidad para describir procesos progresivos o asintóticos, como cabe esperar que sean las (co)varianzas entre datos que describen un proceso biológico (Pletcher y Geyer, 1999). Además, diversos estudios han encontrado un mal funcionamiento de los polinomios ortogonales para modelar el comportamiento de las (co)varianzas en los extremos de la trayectoria (Van der Werf *et al.*, 1998; Meyer, 1999).

El peso al destete, normalmente ajustado para los 205 días de edad, es una característica importante tanto bajo el punto de vista económico como genético, ya que se trata de una medida del desarrollo del becerro. Se ha evaluado también el desarrollo productivo de la matriz que repercute directamente sobre la producción del rebano (Ferraz Filho, 1996 y Souza 1997), presentando correlaciones genéticas elevadas con pesos a edades futuras (Ferraz Filho, 1996). Se ha contado con distintos medios para el peso al destete en Nelore (Souza, 1997, Silva *et al.*, 2000 y Ferraz Filho, 2001). Este hecho es resultante de la variación genética existente entre matrices, reproductores, manejos alimentarios, reproductivos y sanitarios, que varían de región a región y de granja a granja, además de los distintos programas de selección y mejora genética.

Para la certificación de la eficiencia de esos parámetros genéticos, se hace necesario que, después de implantado el programa de selección, éste sea periódicamente evaluado y una de las maneras de monitorizar tales resultados es por medio del acompa-

## INTERACCIÓN GENOTIPO X AMBIENTE Y PESO AL DESTETE DE NELORE EN BRASIL

ñamiento de la variación genética del rebaño, es decir, a través del estudio de la tendencia genética de características que presentan importancia económica (Ferraz Filho *et al.*, 2002).

El objetivo de este trabajo fue estimar los parámetros genéticos, evaluar la tendencia genética y la interacción genotipo x ambiente sobre el peso al destete de bovinos de la raza Nelore en las regiones del Pantanal y Goiás, en Brasil.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Fueron utilizadas 46390 muestras recogidas durante 27 años (1975-2001) de animales registrados criados en pasto, pertenecientes al convenio ABCZ/EMBRAPA (CNPGC), en las regiones del Pantanal y Goiás, en Brasil, según lo descrito por Arruda y Sugai (1994). Los componentes de (co)varianza necesarios para la obtención de los parámetros genéticos fueron estimados por el método de máxima verosimilitud restringida libre de derivadas (MTDFREML-Multiple Trait Derivative-Free Restricted Maximum Likelihood), bajo modelo animal, disponible en el software desarrollado por Boldman *et al.* (1995). Después del ajuste de la consistencia de los datos, el número de muestras utilizadas para el análisis de bicarácter fue de 11768 en Pantanal y de 34622 en Goiás. Otros datos fueron: la matriz de parentesco ( $A^{-1}=69560$ ), el promedio de pesos y las respectivas desviaciones típicas de los padres ( $P_{205}=168,99 \pm 33,38$  y  $168,89 \pm 34,51$ ) y la edad de la vaca al parto ( $89,96 \pm 39,96$  y  $88,88 \pm 42,38$ ) para las respectivas regiones. El modelo estadístico utilizado contenía como efecto aleatorio los efectos genéticos directo, materno y de ambiente permanente de la vaca; y como efectos fijos, grupo contemporáneo (finca, sexo, estación y año de nacimiento del becerro) y la edad de la vaca como (co)variable (cuadrática). La estimación de la interacción genotipo x ambiente se realizó considerando el peso al destete en cada región como

característica diferente para cada una de las regiones, a través de un modelo bivariado, de acuerdo con la metodología descrita por Souza (1997). En términos matriciales, el modelo animal puede ser descrito como:

$$y = X\beta + Z_1a + Z_2m + Z_3p + \varepsilon$$

donde:

y= vector de observaciones de cada característica;

X= matriz de incidencia de efectos fijos;

$\beta$ = vector de efectos fijos;

$Z_1$ = matriz de incidencia de efecto genético directo de cada animal;

a= vector de efectos genéticos directos aleatorios;

$Z_2$ = matriz de incidencia de efecto genético materno de cada animal;

m= vector de efectos genéticos maternos;

$Z_3$ = matriz de incidencia del efecto de ambiente permanente de la vaca;

p= vector de efectos aleatorios de ambiente permanente;

$\varepsilon$ = vector de efectos residuales aleatorios.

Las presuposiciones acerca de la distribución de a, m, p y  $\varepsilon$  quedan descritas como:

$$\begin{pmatrix} a \\ m \\ p \\ \varepsilon \end{pmatrix} \sim n \left( \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} G & C & 0 & 0 \\ C & M & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R \end{bmatrix} \right),$$

En los análisis bicarácter, se combinó el peso al destete en una región (característica uno) y el peso al destete en otra región (característica dos). Los valores iniciales (*priors*) fueron obtenidos del análisis de un solo carácter de acuerdo con Souza (1997). Una vez estimado el valor genético para los animales en cada una de las regiones simultáneamente, se obtuvo la tendencia genética mediante la realización de un análisis de regresión lineal del valor genético del animal sobre el año de nacimiento. Se obtuvo también la correlación de Spearman para los valores genéticos directos y maternos de las dos regiones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hubo variación entre las estimaciones de las varianzas aditivas entre regiones, siendo el mayor valor obtenido en la región de Goiás (194,44) y la (co)varianza entre las dos (114,91). Esto indica la existencia de variación entre reproductores, evidenciando la importancia de la evaluación entre estos, así como el estudio de la interacción genotipo x ambiente. Las estimaciones de los componentes de la varianza fenotípica, genética aditiva directa y materna, y residual para el peso a los 205 días de edad y las estimaciones de los parámetros genéticos, al igual que otros parámetros derivados de estas estimaciones, están resumidas en la **tabla I**. Los datos revelaron variabilidad genética en los rebaños estudiados con posibilidad de realizar selección obteniendo expresivas ganancias para la característica estudiada consecuentemente elevando el peso al destete de los becerros. La heredabilidad directa fue 0,34 y 0,27 en el Pantanal y Goiás, respectivamente. Respecto a la heredabilidad materna se ha observado 0,07 y 0,09 en el Pantanal y Goiás, respectivamente. El efecto de ambiente permanente de la vaca ( $c^2$ ) presentó valores de 0,14 y 0,11,

respectivamente, revelando que las hembras del Pantanal presentaron mayor valor. Los valores observados en este trabajo (**tabla I**) están de acuerdo con los relatados por Silva (1990), Mackinnon *et al.* (1991), Meyer (1992), Robinson (1996), Souza *et al.* (1998) y Souza *et al.* (2003). Considerando la contribución del efecto genético materno ( $h_m^2$ ) y del ambiente permanente de la vaca ( $c^2$ ) para la variación fenotípica, se aconseja su inclusión en modelos de análisis para características de crecimiento.

El efecto de la interacción genotipo x ambiente, fue positivo en vista a que la correlación genética para el peso al destete de los hijos del mismo toro en regiones distintas fue de 0,61, lo que reveló diferentes respuestas en los animales, de acuerdo con el ambiente en que se encuentran. Es importante evaluar esto, pues el desarrollo de los toros es diferente en las dos regiones. Se han observado distintas clasificaciones entre los toros de una región y otra, evidenciando la necesidad de elegir el toro de mejor desarrollo para cada determinada región. De esa manera, el ganadero podrá obtener mayor peso al destete utilizando reproductores adaptados a las condiciones de medio de su región. El hecho de no tener

**Tabla I.** Estimaciones de los componentes de varianza y parámetros genéticos para peso al destete ajustado a 205 días de edad (p205). (Estimates of variance components and genetic parameters for adjusted 205 d weaning weight).

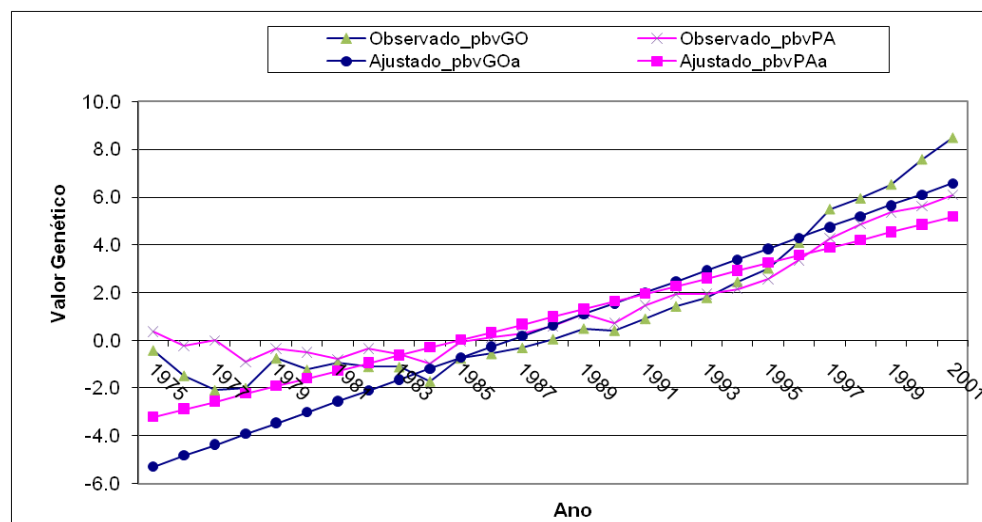
	Pantanal	Goiás
Número de animales	11 768	34 622
Varianza genética aditiva directa $\sigma_a^2$	181,63	194,44
(Co)varianza genética directa materna ( $\sigma_{am}$ )		114,91
Varianza genética materna ( $\sigma_m^2$ )	38,65	65,71
Correlación genética directa materna ( $r_{am}$ )	-49,97	-51,19
Varianza del efecto no correlacionado de vaca (p)	74,34	80,91
Varianza del ambiente (e)	293,19	421,30
Varianza fenotípica total ( $\sigma_p^2$ )	537,86	711,17
Heredabilidad directa ( $h_d^2$ )	0,34	0,27
Correlación genética ( $r_g$ )		0,61
Heredabilidad materna ( $h_m^2$ )	0,07	0,09
Efecto del ambiente permanente de vaca ( $c^2$ )	0,14	0,11

## INTERACCIÓN GENOTIPO X AMBIENTE Y PESO AL DESTETE DE NELORE EN BRASIL

en cuenta esta indicación podrá causar menor ganancia genética y productividad del rebaño. Estos resultados son semejantes a los aportados por Silva (1990), Mattos *et al.* (2000) y Souza *et al.* (2003).

En cuanto a la estimación del cociente de correlación de Spearman, ( $N = 69560$ ), el valor obtenido fue 0,91, con un nivel de significación de 0,0001, evidenciando alta asociación entre la clasificación (rango). A pesar de obtener una fuerte correlación, ésta no fue máxima, evidenciando aun más variación en el rango de los toros. Hubo variación en la clasificación de los reproductores y el de mayor valor genético en el Pantanal fue 27 kg inferior al mejor toro de la región de Goiás, que quedó clasificado en 5° lugar. Sin embargo, cuando se hace la clasificación a través de las estimaciones de la región de Goiás, el primer toro del Pantanal no figura entre los 10 mejores toros. En cuanto al reproductor de peor desarrollo, la

variación fue de 8,3 kg, o sea, el 50% en relación al de más bajo desarrollo. La evaluación del ganancia genética en el período estudiado puede ser observada en la **figura 1**, ocurriendo que la ganancia genética observada fue positiva y mostró curvas con comportamientos semejantes. Para la región del Pantanal la ganancia genética varió de -3,21 a 5,15 kg, o sea, un crecimiento de 8,36 kg, lo que equivale a una ganancia lineal de 0,322 kg/año. Utilizando el porcentaje de ganancia en relación a la media del peso en la región (160,4 kg) se obtiene el valor de 0,20% por año. Para la región de Goiás, los valores ajustados variaron de -5,28 a 6,56 kg, con crecimiento de 11,8 kg en el mismo intervalo de tiempo. Eso equivale a una ganancia lineal de 0,455 kg/año y un porcentaje de ganancia en relación a la media observada (160,5 kg) igual al 0,28% por año. Entre los trabajos revisados, estos resultados se presentaron inferiores a los



**Figura 1.** Tendencia genética de los efectos genéticos directos observados y ajustados por la ecuación para pesos a los 205 días de edad para las regiones del Pantanal ( $pbvpa = -639,0346173 + 0,321935 \cdot \text{año}$ ) y Goiás ( $pbvgo = -906,1195832 + 0,4561166 \cdot \text{año}$ ). (Genetic tendency of the direct genetic effects adjusted by the equation for weights to the 205 days of age for the regions of the Pantanal ( $pbvpa = -639,0346173 + 0,321935 \cdot \text{year}$ ) and Goiás ( $pbvgo = -906,1195832 + 0,4561166 \cdot \text{year}$ )).

obtenidos por Ferraz Filho (2002), Souza *et al.* (2003) y Atencio (2004). Esto revela que ocurrió un progreso genético en los rebaños estudiados, es decir, que la selección para crecimiento implementada está promoviendo alteraciones, al igual que, en poca magnitud, en el peso al destete de los becerros. Los progresos genéticos aditivos directos obtenidos en ese trabajo están por debajo de lo que podría ser alcanzado en virtud de la variación genética existente para la característica estudiada.

Las características de interés económico en los animales domésticos es el resultado de la acción genética y ambiental, como efecto directo y de interacción. La no observación de interacción puede traer costes elevados para los ganaderos pero no siem-

pre un determinado semental tiene la misma respuesta en distintos ambientes.

### CONCLUSIÓN

Se ha constatado variabilidad genética en los rebaños evaluados en ambas regiones. La ganancia genética fue positiva y varió de una región a otra. Hubo desarrollos diferentes en las progenies de los toros en las regiones del Pantanal y Goiás, respectivamente, evidenciando la interacción genotipo x ambiente y la necesidad de considerar ese factor en el momento de aparear a los animales. Los niveles de producción de las progenies de los toros difieren en función de la región en la que se evalúan, lo que evidencia la existencia de interacción genotipo x ambiente.

### BIBLIOGRAFÍA

- Albuquerque, L.G. and K. Meyer. 2001. Estimates of covariance functions for growth from birth to 630 days of age in Nelore cattle. *J. Anim. Sci.*, 79: 2776-2789.
- Arruda, Z.J. e Y. Sugai. 1994. Regionalização da pecuária bovina no Brasil. EMBRAPA-CNPGC. Campo Grande. EMBRAPA-SPI. Brasília. (EMBRAPA-CNPGC, documentos, 58). 144 p.
- Atencio, A. 2004. Nelore su caracterización productiva em um hatu del Llano venezolano. Disponible em: [www.asocebu.org/catedra\\_cebu/cebu-web/conte/art3-4.htm](http://www.asocebu.org/catedra_cebu/cebu-web/conte/art3-4.htm). Acceso en: 28/04/2004.
- Boldman, K.G., L.A. Kriese, L.D. Van Vleck, C. Van Tassell and S.D. Kachman. 1995. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtains estimates of variances and covariances [DRAFT]. U.S. Department of Agriculture. Agricultural Research Service.
- Díaz, C. y M.J. Carabaño. 2000. La raza Avileña Negra-Ibérica: nuevas aportaciones al esquema de selección. *FEAGAS*, 17: 64-69.
- Falconer, D.S. 1952. The problem of environment and selection. *Am. Nat.*, 86: 293-298.
- Ferraz Filho, P.B. 1996. Análise e tendência genética de pesos em bovinos da raza Nelore Mocha no Brasil. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético Animal). Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal. 163 p.
- Ferraz Filho, P.B., A.A. Ramos, L.O.C. Silva, J.C. Souza, M.M. Alencar e C.H.M. Malhado. 2002. Tendência genética dos efeitos direto e materno sobre os pesos à desmama e pós-desmama de bovinos da raça Tabapuã no Brasil. *Rev. Bras. Zootec.*, 31: 635-640.
- Ferraz Filho, P.B. 2001. Avaliação genética do desenvolvimento ponderal de bovinos da raça Tabapuã no Brasil. Botucatu. Dissertação (Doutorado em Ciências Biológicas-Área de Concentração em Genética). Faculdade de Ciências Agrárias de Botucatu. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 127 p.
- IBGE. 2004. Disponible em: [www.ibge.gov.br/home/estatística/indicadores/agropecuaria/produçaoagropecuaria/](http://www.ibge.gov.br/home/estatística/indicadores/agropecuaria/produçaoagropecuaria/). Acceso en: 13/03/2004.
- Kirkpatrick, M. and N. Heckman. 1989. A quantitative-genetic model for growth, shape, reaction norms, and other infinite-dimensional caracteres. *J. Math. Biol.*, 27: 429-450.
- Liu, M.F. and M. Makarechian. 1993. Optimum test period and association between standard 140-day test period and shorter test periods for growth rate in station tested beef bulls. *J. Anim. Breed. Genet.*, 110: 312-317.

## INTERACCIÓN GENOTIPO X AMBIENTE Y PESO AL DESTETE DE NELORE EN BRASIL

- Mackinnon, M.J., K. Meyer and D. J. S. Hetzel. 1991. Genetic variation and covariation for growth, parasite resistance and heat tolerance in tropical cattle. *Livest. Prod. Sci.*, 27: 105-122.
- Mattos, D., J.K. Bertrand and I. Misztal. 2000. Investigation of genotype x environment interactions for weaning weight for Herefords in three countries. *J. Anim. Sci.*, 78: 2121-2126.
- Medeiros, A.C.E. 2005. Estudo da interação genótipo x ambiente para peso à desmama em populações da raça Angus do sul do Brasil e do Uruguai e suas implicações na avaliação genética. Internacional Tese (Doutorado em Zootecnia). UNESP Júlio de Mesquita Filho. Jaboticabal. Brasil.
- Meyer, K. 1992. Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. *Livest. Prod. Sci.*, 31: 179-204.
- Meyer, K., 1999. Estimates of genetic and phenotypic covariance functions for post-weaning growth and mature weight of beef cows. *J. Anim. Breed. Genet.*, 116: 181-205.
- Meyer, K., 2000. Random regressions to model phenotypic variation in monthly weights of Australian beef cows. *Livest. Prod. Sci.*, 65: 19-38.
- Pani, S.N., G.F. Krause and J.F. Lasley. 1971. Genotype x environment interactions in sire evaluation. *Research Bulletin*, nº 983. 24 p.
- Pletcher, S.D., and C.J. Geyer. 1999. The genetic analysis of age-dependent traits: modeling the character process. *Genetics*, 153: 825-835.
- Robinson, D.L. 1996. Estimation and interpretation of direct and maternal genetic parameters for weights of Australian Angus cattle. *Livest. Prod. Sci.*, 45: 1-11.
- Schaeffer, L.R., J. Jamrozik, G.J. Kistemaker, B.J. Van Doormal. 2000. Experience with a test day model. *J. Dairy Sci.*, 83: 1135-1144.
- Shenkel, F.S., S.P. Miller, J. Jamrozik and J.W. Wilton. 2002. Two-step and random regression analyses of weight gain of station-tested beef bulls. *J. Anim. Sci.* 80:1497-1507.
- Silva, L.O.C. 1990. Tendência genética e interação genótipo x ambiente em rebanhos Nelore, criados a pasto no Brasil Central. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 113 p.
- Silva, J.A.V., A.G. Razzok, H. Tonhati e L.A. Figueiredo. 2000. Efeito da seleção para peso pós-desmama sobre indicadores da eficiência produtiva de vacas da raça Nelore. *Rev. Bras. Zootecn.*, 29: 1020-1027.
- Souza, J.C. 1997. Interação genótipo x ambiente sobre o peso ao desmame de zebrúinos da raça Nelore no Brasil. Tese (Doutorado em Genética). UNESP, Campus Botucatu. Faculdade de Ciências Agrárias de Botucatu. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Botucatu. 121 p.
- Souza, J.C., A.A. Ramos, L.O.C. Silva, K.E. Filho, M.M. Alencar, F.S. Wechsler, C.H. Gadini and L.D. Van Vleck. 1998. Effect of genotype x environment interaction on weaning weight of Nelore calves raised in four different regions of Brazil. In: L. Piper (ed.). Proceedings of the 6<sup>th</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. University of New England. Armidale, NSW. Australia. p. 193-196.
- Souza, J.C., C.H. Gadini, L.O.C. Silva, A.A. Ramos, M.M. Alencar, P.B. Ferraz Filho and L.D. Van Vleck. 2003. Estimates of genetic parameters and evaluation of genotype x environment interaction for weaning weight in Nelore cattle. *Arch. Lat. Prod. Anim.*, 11: 94-100.
- Van Der Werf, J.H.J., M.E. Goddard and K. Meyer. 1998. The use of covariance functions and random regressions for genetic evaluation of milk production based on test day records. *J. Dairy Sci.*, 81: 3300-3308.