

CORRELAÇÕES GENÉTICAS ENTRE CIRCUNFERÊNCIA ESCROTAL E CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DE FÊMEAS EM BOVINOS DA RAÇA NELORE¹

Raimundo Martins Filho²
Raysildo Barbosa Lôbo³

RESUMO

Foram estudadas 3393 mensurações de circunferência escrotal (CE) de touros, com idades entre 15 e 26 meses, 916 informações de idade ao primeiro parto (IPP) e 653 de intervalos entre partos (IEP), com o objetivo de estimar parâmetros genéticos e de meio. Os dados foram obtidos de três rebanhos da raça Nelore criados na região noroeste de São Paulo, em regime de campo. As análises de variância, pelo método dos quadrados mínimos, forneceram as estimativas de herdabilidade e os componentes de variância e desvios padrões genéticos. As estimativas dos coeficientes de correlações genéticas (r_g) entre CE-IPP e CE-IEP, foram dadas pela interação touro-sexo em análise entre meios irmãos paternos. As médias estimadas para CE, IPP e IEP foram: $31,03 \pm 0,93$ cm; $35,90 \pm 0,13$ e $12,94 \pm 0,11$ meses, respectivamente. Os efeitos de touro, rebanho, mês da mensuração e idade (efeito linear), foram significativos ($P < 0,01$) enquanto que a interação touro-rebanho foi significativa ao nível de 5% de probabilidade para CE. Foram significativos para IPP ($P < 0,01$), os efeitos de pai, rebanho, mês e ano de nascimento e para IEP, o mês de parição e touro, este ao nível de 5% de probabilidade. Os coeficientes de herdabilidade foram: $0,36 \pm 0,07$, $0,20 \pm 0,09$ e $0,14 \pm 0,09$ para CE, IPP e IEP, respectivamente. As correlações genéticas entre as características foram $-0,77 \pm 0,08$ para CE-IPP e $-0,04 \pm 0,25$ para CE-IEP.

PALAVRAS CHAVES: Bovino de Corte, Circunferência Escrotal, Reprodução, Herdabilidade, Correlação Genética)

GENETIC CORRELATIONS BETWEEN SCROTAL CIRCUMFERENCE AND FEMALE REPRODUCTIVE TRAITS IN NELLORE CATTLE.

SUMMARY

Data from scrotal circumference (SC) mensurations from 3393 bulls with age between 15 and 26 months, 916 records from age at first calving (AFC) and 653 records from calving intervals (CI) were utilized to estimate heritabilities, genetic and environmental effects on these characteristics. The data were obtained from three Nelore herds raised on pastures conditions at the northwest region of São Paulo State. The analyses of variance, by least squares provide the estimates of heritabilities, variance components and the deviations. The genetic correlation coefficients (r_g) between SC-AFC and SC-CI given by the bull-sex interactions, between paternal half-sibs analyse. The least-squares means to SC, AFC and CI were: 31.03 ± 0.93 cm, 35.90 ± 0.13 and 12.94 ± 0.11 months, respectively. The effects of bull, herd, month of mensuration and age (quadratic) were significant ($P < 0.01$) while the bull-herd interaction was significant ($P < 0.05$) to SC. At ($P < 0.01$) were significant to AFC the effects of bull, herd, month and year of birth and to CI only the month of calving effect. The heritabilities estimated were: 0.36 ± 0.07 , 0.20 ± 0.08 and 0.14 ± 0.09 , respectively to SC, AFC and CI. The genetic correlations between the characteristics were -0.77 ± 0.08 to SC-AFC and -0.04 ± 0.25 to SC-CI.

KEY WORDS: Beef Cattle, Scrotal Circumference, Reproduction, Heritability, Genetic Correlation.

INTRODUÇÃO

Grande parte do melhoramento genético pode ser obtido pela seleção de reprodutores, por meio de estudo das características testiculares e suas correlações com a produção de espermatozoides, níveis hormonais e características de reprodução e produção.

A escolha da CE dentre as demais medidas da biometria testicular está fundamentada nas relações altamente favoráveis obtidas entre esta característica e a idade do

¹ Parte da Tese apresentada pelo primeiro autor à USP para obtenção do título de Doutor.

² Professor do Depto. de Zootecnia -CCA -UFC.

³ Professor do Depto. de Genética- FMRP - USP

animal, peso do testículo, produção e qualidade de sêmen; (COULTER & FOOTE⁴, ROCHA et al.²¹, LOBREIRO et al.¹⁴ MACIELI et al.¹⁵, além da sua facilidade de obtenção e altas repetibilidade e herdabilidade.

O mais importante contudo, é a possibilidade de que touros com uma maior CE, além de produzir mais sêmen e com melhor qualidade, venham também a gerar filhas mais férteis. Os estudos de correlação genética entre características limitadas ao sexo tiveram início em animais de laboratório (LAND¹¹, EISEN & JOHNSON⁵).

Estudos semelhantes foram efetuados em bovinos de raças europeia por BRINKS et al.² KING et al.¹⁰. TOELLE & ROBINSON²⁵. O objetivo deste trabalho é estudar aspectos genéticos e de meio relacionados com a CE em tourinhos, da raça Nelore, bem como as possíveis correlações genéticas existentes entre CE e características reprodutivas (IPP e IEP) em suas meio-irmãs-paternas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados analisados envolvem 3.393 informações sobre CE, 916 sobre IPP e 653 sobre IEP, provenientes de três rebanhos bovinos da raça Nelore, criados em regime de campo, na região noroeste do estado de São Paulo, Brasil, pertencentes a CFM Agropecuária, Ltda. Os animais foram mantidos exclusivamente em pastagens artificiais, sem qualquer suplementação na época seca. A estação de acasalamento tem início em 30 de outubro e dura 55 dias para as novilhas e 76 dias para as vacas, com o uso de inseminação artificial. A lotação média anual nas fazendas é de 1,06 U.A/ha e todos os animais permanecem em lotes submetidos a idêntico manejo até a avaliação final, feita aproximadamente entre os 18/24 meses de idade. A desmama é feita em torno dos 7 meses de idade, por grupo de manejo, quando os bezerros são pesados em jejum de 24 horas, para avaliação das mães. As mensurações da CE foram efetuadas uma única vez em cada animal, a uma idade média de 20 meses (mínima de 15 - máxima de 26), nos meses de fevereiro, abril e maio, no período de 1984 a 1989.

Os dados foram analisados de acordo com modelos lineares mistos, pelo método dos quadrados mínimos (HARVEY⁸).

Os dados foram previamente ajustados para os efeitos não genéticos significativos, do ponto de vista estatístico, em análises individuais para cada uma das características estudadas, sendo então convertidos para uma medida padronizada, pela divisão de cada observação, de cada característica, pelo seu respectivo desvio padrão. Os componentes de variância foram obtidos pelo processo de igualar as esperanças teóricas aos respectivos quadrados médios. Foram utilizados os seguintes modelos mistos:

$$1 - Y_{ijkl} = \mu + a_i + B_{j*} + (aB)_{ij} + F_k + e_{ijkl}$$

onde:

Y_{ijkl} = resposta para cada variável dependente (CE, IPP e IEP)

μ = média geral

a_i = efeito de touro (aleatório)

B_j = efeito de rebanho (fixo)

$(aB)_{ij}$ = interação touro- rebanho (aleatório)

F_k = conjunto de demais efeitos fixos (mês de mensuração, idade a mensuração, mês e ano de nascimento, mês e ano do parto)

e_{ijkl} = erro aleatório associado a cada observação pressupondo-se com distribuição NID (0, σ^2e).

Esse modelo forneceu as médias ajustadas, herdabilidade e variância das características.

$$2 - Y_{ijk} = \mu + a_i + S_j + (aS)_{ij} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = resposta para cada conjunto de variáveis dependentes (CE-IPP; CE-IEP).

μ = média geral

a_i = efeito de touro (aleatório)

S_j = efeito de sexo (fixo)

$(aS)_{ii}$ = interação touro-sexo (aleatória).

O modelo acima forneceu as estimativas dos componentes de variância de touro ($\hat{\sigma}^2a$), da interação touro-sexo ($\hat{\sigma}^2aS$) e do

resíduo ($\hat{\sigma}^2e$), as quais podem ser expressas como porcentagem da variação total, de modo que:

$\hat{\sigma}^2T = \hat{\sigma}^2a + \hat{\sigma}^2aS + \hat{\sigma}^2e$, são respectivamente, os componentes de variância total, de touro, da interação touro-sexo e do resíduo.

As herdabilidades foram estimadas a partir do modelo 1, pela correlação entre meio-irmãos paternos de acordo com a seguinte fórmula (KEMPTHORNE⁹):

$$\hat{h}^2 = \frac{4\hat{\sigma}^2a}{\hat{\sigma}^2a + \hat{\sigma}^2aB + \hat{\sigma}^2e}$$

onde:

$\hat{\sigma}^2a$ é o estimador do componente de variância de touros

$\hat{\sigma}^2aB$ é o estimador do componente de variância da interação touro-rebanho.

$\hat{\sigma}^2e$ é o estimador do componente de variância do resíduo.

Os erros-padrão das herdabilidades foram calculados pela expressão apresentada por SWIGER et al.²⁴.

Com base nos resultados obtidos com o modelo 2 foram estimadas as correlações genéticas entre as características medidas nos dois sexos, conforme metodologia, proposta por YAMADA²⁷ a qual considera um modelo misto em que os genótipos (touro) são aleatórios, as características são representadas por sexos (S) e utiliza a seguinte fórmula:

$$r_g = \sigma_a^2 - \left(\frac{1}{k}\sigma_{aS}^2\right) \left\{ \sigma_a^2 + \left(\frac{1}{k}\sigma_{aS}^2\right) - \left[\frac{1}{k}(\sigma_{G1} - \sigma_{G2})^2\right] \right\}$$

onde:

r_g = coeficiente de correlação genética.

k = número de características (sexo)

σ_a^2 = componente de variância de grupo genético (touro).

σ^2aS = componente de variância da interação touro-sexo.

σ_{G1} e σ_{G2} = desvios-padrão referentes as características, dados pela raiz quadrada da variância genética de CE, IPP e IEP obtidos do modelo 1.

A precisão das correlações foi obtida pelos seus desvios-padrão, conforme aproximação dada por FALCONER⁶.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média ajustada por quadrados mínimos e seu respectivo erro padrão para CE, foi igual a $31,03 \pm 0,93$ cm. Este resultado é satisfatório quando comparado com médias obtidas para as raças zebus no Brasil e no exterior. Na maioria dos casos o resultado supera aqueles obtidos para animais da mesma raça com idades bem superiores, como pode ser constatado pelas médias obtidas por ROCHA et al.²¹; MACIEL et al.¹⁵; PINTO et al.²⁰; LÔBO¹³; MARTINS FILHO et al.¹⁷.

As médias por quadrados mínimos e seus respectivos erros-padrão foram iguais a $35,93 \pm 0,13$ e $12,94 \pm 0,11$, respectivamente, para IPP e IEP. Essas médias encontram-se abaixo dos valores normalmente encontrados nos trópicos para raças zebus e mesmo abaixo dos valores verificados para os cruzamentos entre europeu x zebu por LÔBO¹² e para Nelore por NAJERA et al.¹⁸ e SILVA & RUIZ²².

A herdabilidade estimada para CE de 3393 progênes de 71 touros, levando em consideração na análise a interação touro-rebanho foi igual a $0,36 \pm 0,07$.

Os valores para a estimativa de herdabilidade da CE em bovinos de raças europeias exploradas economicamente para a produção de carne, em países de clima temperado, situam-se entre $0,26 \pm 0,20$ e $0,51 \pm 0,10$, conforme trabalhos de NEELY et al.¹⁹; KING et al.¹⁰; BOURDON & BRINKS¹; COULTER et al.³; SMITH et al.²³.

Para bovinos zebus criadas no Brasil, existem uns poucos trabalhos, na raça Nelore, com valores variando de $0,11 \pm 0,20$ a $0,66 \pm 0,39$ (VILLARES et al.²⁶, ROCHA et al.²¹; LÔBO¹³ e MARTINS FILHO et al.¹⁷).

Os coeficientes de herdabilidade para IPP e IEP foram iguais a $0,20 \pm 0,08$ e $0,14 \pm 0,09$, respectivamente, os quais estão de acordo com os valores obtidos para a raça Nelore no Brasil, em condições semelhantes de manejo, superando no entanto os valores encontrados por MARIANTE¹⁶, sendo no entanto inferior aos de NAJERA et al.¹⁸.

Os resumos das análises de variância para CE, IPP e IEP são dados nas Tabelas 1, 2 e 3.

A partir do modelo 2, os quadrados médios para pai e para a interação pai-sexo foram igualados às suas esperanças teóricas para estimar a variância genética (σ^2_a), sendo que característica é representada por sexo (σ^2_S). Para CE - IPP, a σ^2_a foi igual a 0,0401772 e a σ^2_aS foi 0,3256753. Para CE-CI, σ^2_a e σ^2_aS foram iguais a 0,1155242 e 0,2417957, respectivamente.

As análises de variância individuais para cada característica, obtidas pelo modelo 1, propiciaram a obtenção dos desvios-padrão genéticos (σ_G) para SC, IPP e IEP, os quais foram iguais a 0,8427623; 0,5436264 e 0,3657609, nesta ordem. Estes resultados, referentes as variâncias e aos desvios-padrão, são mostrados no Tabela 4.

As correlações genéticas foram estimadas pela substituição dos valores de σ^2_a , σ^2_aS e de σ_G1 , σ_G2 e σ_G3 na fórmula proposta por YAMADA²⁷, resultando em:

$$r_g(\text{SC-AFC}) = -0,77 \pm 0,08$$

$$r_g(\text{SC-CI}) = -0,04 \pm 0,25.$$

Entre os poucos trabalhos existentes sobre o assunto em bovinos, aqueles realizados por BRINKS et al.² e TOELLE & ROBINSON²⁵, também obtiveram estimativas de correlações genéticas favoráveis entre características reprodutivas de macho e fêmeas em bovinos de raças europeias. Para a correlação entre circunferência escrotal e idade à puberdade foi encontrado valor igual a -0,71 no primeiro trabalho, enquanto que no segundo os valores estimados foram de -0,38 entre CE-IPP e de -0,42 entre CE - IEP.

Vale ressaltar que outras estimativas de correlações genéticas entre CE e características em fêmeas, tais como, idade à

primeira cobertura, taxa de prenhez e intervalo entre partos, revelaram-se também favoráveis (TOELLE & ROBINSON²⁵).

TABELA 1 - Análise de variância por quadrados mínimos para circunferência escrotal (CE). (Modelo 1)

Fontes de variação	GL	QM	F
Touro	70	42,8442	8,092**
Rebanho	2	519,8741	43,807**
Touro x rebanho	23	11,8627	1,687*
Mês de nascimento	4	10,7379	1,527
Ano de nascimento	4	16,2442	2,310
Mês de mensuração	2	326,9009	46,479**
Regressão da idade			
Efeito linear	1	350,1616	49,787**
Efeito quadrático	1	15,3564	2,183
Resíduo	3285	7,0332	

* P < 0,05 ** P < 0,01

TABELA 2 - Análise de variância por quadrados mínimos para idade ao primeiro parto (IPP) (Modelo 1)

Fontes de variação	GL	QM	F
Touro	51	5,6578	1,849**
Rebanho	2	14,5570	11,313**
Touro rebanho	13	1,2868	0,420
Mês de nascimento	3	72,4225	23,665**
Ano de nascimento	3	13,3797	4,372**
Resíduo	843	3,0504	

** P < 0,01

TABELA 3 - Análise de variância por quadrados mínimos para intervalo entre parto (IEP) (Modelo 1)

Fontes de variação	GL	QM	F
Touro	40	1,7393	1,545*
Rebanho	2	0,2940	1,192
Touro rebanho	8	0,2468	0,219
Ano do parto	2	1,9139	1,700
Mês do parto	3	9,6008	8,527**
Resíduo	597	1,1259	

** P < 0,05 * P < 0,01

TABELA 4 - Estimativas de componente de variância para pai (σ^2_a), para a interação pai-sexo (Modelo 2) e os desvios padrão genéticos (σ_Gi) para as características estudadas (Modelo 1).

Características	σ^2_a	σ^2_aS	σ_Gi
CE-IPP	0,0401772	0,3256753	
CE-IEP	0,1155242	0,2417957	
CE			0,8427623
IPP			0,5436264
IEP			0,3657609

Esses resultados, juntamente com os aqui obtidos, indicam que a circunferência escrotal em bovinos jovens é positivamente correlacionadas com características reprodutivas medidas em suas meio-irmãs paternas. A escolha dos meio-irmãos paternos para as análises, leva em conta o fato de que, ao contrário de pais-filhas, os meio-irmãos são contemporâneos.

Neste trabalho verificou-se a existência de herdabilidade com valores de baixos a médios para as características medidas em fêmeas, ocorrendo valores bem maior no caso dos machos. Por outro lado, estimou-se um valor alto e de sentido favorável

para a correlação genética entre circunferência escrotal e idade ao primeiro parto, o que permite pressupor que a seleção para CE levaria à diminuição da idade ao primeiro parto.

A correlação genética entre circunferência escrotal e intervalo entre partos foi praticamente nula, embora tenha tido sentido favorável, o que era de certo modo esperado, tendo em vista tratar-se, o intervalo entre partos, de característica extremamente influenciada pelas condições de manejo.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, podem ser tiradas as seguintes conclusões:

Os valores médios estimados para CE, IPP e IEP estão situados num patamar de desiderabilidade igual ou maior que os valores constantes na literatura, para a raça Nelore, o que pode ser creditado, em parte, às excelentes condições de manejo adotado nas três fazendas estudadas.

A correlação genética entre CE-IPP, estimada a partir de análises de variância entre meio irmãos paternos, sugere a possibilidade de se obter a diminuição na idade ao primeiro parto nas fêmeas, pela seleção para maiores circunferências escrotais em machos à idade da puberdade.

A correlação genética entre CE-IEP foi praticamente nula, evidenciando a grande influência das condições gerais de manejo, na determinação do intervalo entre partos.

Pela sua facilidade de obtenção, acurácia e pelos valores das estimativas de herdabilidade e correlação genética com características reprodutivas, em suas meias-irmãs paternas, a CE poderia ser incluída nos programas de melhoramento genético da raça Nelore.

O efeito linear da idade sobre CE indica que, estudos com medidas em idades mais avançadas devem ser feitos, para que seja possível recomendar a faixa estável indicada para a mensuração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOURDON, R.M. & BRINKS, J.S. Scrotal circumference in yearling Hereford Bulls: Adjustment factors, heritabilities and genetic, environmental and phenotypic relationships with growth traits. *J. Anim. Sci.*, 62: 958-967, 1986.
2. BRINKS, J. S.; Mc TERNEY, M. J.; CHENOWETH, P. J. Relationships of age at puberty in heifers to reproductive traits in young bulls. *Proc. West. Sect. Amer. Soc. of Anim. Prod.*, 29: 28:30, 1978.
3. COULTER, G. H. & FOOTE, R. M. Relationship of testicular weight to age and scrotal circumference of Holstein of bulls. *J. Dairy Sci.* 59 (4) : 730-732, 1976.
4. COULTER, G. H.; MAPLETOFT, R. J.; KOZUB, G. C; BAILEY, D.R.C.; CATES, W.F. Heritability of scrotal circumference in one and two-year-old bulls of different beef breeds. *Can. J. Anim. Sci.*, 67 : 645-651, 1987.
5. EISEN, E.J. & JHONSON, B.H. Correlated responses in male reproductive traits in mice selected for litter size and body weight. *Genetics*, 99 : 513-524, 1981.
6. FALCONER, D. S. The problem of environmental and selection. *Amer. Nat.*, 86 : 293-298, 1952.
7. FALCONER, D.S. INTRODUCTION TO QUANTITATIVE GENETICS. New York Longman, 1981. 365 p.
8. HARVEY, W. R. User's guide for LSMLMW (Mixed Model Least-Squares and Maximum Likelihood Compute Program). Wooster, Ohio State University, 1987, 59 p.
9. KEMPTORNE, O. The correlations between relatives in random mating populations. *Genetics*. 40: 153-167, 1955.
10. KING, R. G.; KRESS, D. D.; ANDERSON, D. C.; DOORBOS, D. E.; BURFENING, P.J. Genetics parameters for puberty in heifers and scrotal circumference in bulls. *J. Anim. Sci.* 57 (Suppl.1) : 156 Abst. 1983.
11. LAND, R. B. The expression of female sex limited characters in the male. *Nature*, 241 : 208-209, 1973.
12. LÔBO, R. B. Métodos de avaliação de parâmetros fenotípicos e genéticos em

- bovinos da raça Pitangueiras. São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - USP, SP. 1980 179 p (Tese de Livre Docência.)
13. LÔBO, R. B. A pesquisa e o Nelore da nova década. IN: Leilão Claudio Carvalho, Uberaba, pag 1-3, MG. 1990.
 14. LOBREIRO, J.C. T.; MACIEL, A.S.; LIMA, O.P.; CARNEIRO, L. O. H. B. Contribuição dos testículos na produtividade do rebanho zebuino I. Perímetro escrotal. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 19 Belém, 1984. Anais. Belém, 1984, p.80.
 15. MACIEL, A.S.; LOBREIRO, C.T.; SILVA, A.A.S.; NOBRE, P.R.C. Contribuição dos testículos na produtividade do rebanho zebuino. Biometria testicular. In: CONG. BRAS. REPROD. ANIM. 6. Belo Horizonte, MG, CBRA, 1987. Anais v. 1 p.85.
 16. MARIANTE, A. S. Growth and reproduction in Nelore cattle in Brasil: Genetic parameters and effects of environmental factors. Florida Sates. Florida States niversity, 1987 82 p. (Dissertação de Doutor)
 17. MARTINS FILHO, R.; LÔBO, R.B; SILVA, P.R; Coeficiente de herdabilidade de circunferência escrotal de animais da raça Nelore. IN: REUNIÃO ANUAL DA SBZ. Campinas, SP. Anais, Campinas, 1990 pg. 485.
 18. NAJERA, J. M.; PEREIRA, J.C.C.; OLIVEIRA, H.N. Efeitos genéticos sobre a idade ao primeiro parto e intervalo entre partos na raça Nelore. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, VII, Belo Horizonte - MG, Anais, 1989, p 150.
 19. NEELY, J.D.; JOHNSON, B.H.; DILLARD, E.U.; ROBINSON, O. W. Genetic parameters for teste size and sperm number in Hereford bulls. J. Anim. Sci., 55 (5) : 1033-1040, 1982.
 20. PINTO, P. A.; ALBUQUERQUE, L.G.; SILVA, P.R.; BEZERRA, L.A.F. Avaliação da biometria testicular e capacidade de monta em bovinos das raças Guzerá e Nelore. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 21. Salvador - Ba, Anais, 1989.
 21. ROCHA, G. P.; VILARES, J. B.; BUSCHINELI, A. Biometria testicular em zebuínos. I Avaliação do peso dos testículos pela circunferência escrotal. In: REUNIÃO ANUAL DA S.B.Z. 19, Piracicaba, 1982. Anais. Piracicaba, SBZ, 1982. p.219-220.
 22. SILVA, H. M. & RUIZ. N. A Influência de fatores não genéticos sobre a eficiência reprodutiva em um rebanho Nelore. In: REUNIÃO DA ALPA 12. 1990. Campinas, SP. Anais, Campinas, pg. 160.
 23. SMITH, B. A.; BRINKS, J. S.; RICHARDSON, G. V. Relationships of sire scrotal circumference to offspring reproduction and growth. **J Anim. Sci.** 67: 2881-2885, 1989.
 24. SWIGER, L. A.; HARVER, W. R.; EVERSON, D. O.; GREGORY, K.E. The variance of intra class correlation involving groups whit one observation **Biometrics.** 20: 810-826, 1964.
 25. TOELLE, V. D. & ROBINSON, O. W. Estimates of genetics correlations between testicular measurements and female reprocutive traits in cattle. **J. Anim. Sci.** 60(1): 89-100, 1985a.
 26. VILLARES, J.B.; ROCHA, G.P.; RAMOS, A. A.; VEIGA, N. Biometria testicular de zebuínos Nelore e seus mestiços nos tróticos. IN: CONGRESSO DE ZOOTECNIA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 3. Botucatu, 1983. Anais. Botucatu, UNESP-FMVZ, 1983. p.292-300.
 27. YAMADA, Y. Genotype environment interaction and genetic correlation of the same trait under differents environments. **Japanese Journal of Genetics.** 37(6): 498-509, 1962.