



## HETEROSE, EPISTASIA E INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE EM GERAÇÕES AVANÇADAS DE ANIMAIS CRUZADOS

EDUARDO DA CRUZ GOUVEIA PIMENTEL<sup>1,6</sup>, SANDRA AIDAR DE QUEIROZ<sup>2</sup>, ROBERTO CARVALHEIRO<sup>3</sup>, VÂNIA CARDOSO<sup>3</sup>, LUIZ ALBERTO FRIES<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup> Estudante de doutorado em Zootecnia (Produção Animal) - Unesp/Jaboticabal - SP. E-mail: pimentel@fcav.unesp.br;

<sup>2</sup> Prof. Adjunto - DZ - MGA - Unesp/Jaboticabal - SP. Bolsista CNPq. E-mail: saquei@fcav.unesp.br;

<sup>3</sup> Zootecnistas, doutores em Zootecnia pela Unesp/Jaboticabal - SP. E-mails: rcar@fcav.unesp.br e vcardoso@fcav.unesp.br;

<sup>4</sup> GenSys Consultores Associados S/C Ltda. E-mail: fries@fcav.unesp.br;

<sup>5</sup> Lagoa da Serra Ltda;

<sup>6</sup> bolsista CAPES.

**RESUMO** – O objetivo deste trabalho foi estudar efeitos heteróticos, epistáticos e de interação genótipo-ambiente em gerações avançadas de animais cruzados, por meio de modelos de avaliação de efeitos genéticos que contemplam diferentes formas de derivação de coeficientes para efeitos de epistasia. A inclusão de efeitos de interação genótipo-ambiente se mostrou um aspecto importante a ser considerado no planejamento de programas de cruzamentos. Coeficientes de perda por epistasia, perda por recombinação ou epistazigose podem ser usados para estimação de efeitos epistáticos, sem grande diferença em termos de valores preditos. Uma vantagem em facilidade de cálculo pode ser percebida no uso da epistazigose.

**PALAVRAS-CHAVE:** bovino de corte, cruzamento, multicolinearidade, regressão de cumeeira

HETEROISIS, EPISTASIS AND GENOTYPE BY ENVIRONMENT INTERACTION IN ADVANCED GENERATIONS OF CROSSBRED ANIMALS

**ABSTRACT** – The objective of this work was to study heterotic, epistatic and genotype by environment effects in advanced generations of crossbred animals, using models for genetic effects evaluation which contemplate different forms of derivation of epistatic effect coefficients. Inclusion of genotype by environment effects showed up to be an important aspect to be considered in crossbred programs planning. Coefficients of epistatic loss, recombination loss or epistazigosis can be used to estimate epistatic effects, with no big differences in terms of predicted values. An advantage in terms of calculation ease could be noted when epistazigosis coefficients were used.

**KEYWORDS:** beef cattle, crossbreeding, multicollinearity, ridge regression

### INTRODUÇÃO

Numa tomada de decisões acerca do delineamento de programas de cruzamento para regiões e mercados específicos, devem-se considerar: as contribuições aditivas direta e materna de cada raça; interações entre as contribuições aditivas de cada raça (complementariedade); efeitos diretos e maternos de dominância; efeitos epistáticos direto e materno; e interações entre componentes genéticos e variáveis ambientais (Brito *et al.* 2002).

Segundo Kinghorn & Vercoe (1989), o grau de expressão de efeitos epistáticos em um genótipo cruzado tem uma base teórica complexa. Uma estratégia alternativa é fazer uma pressuposição sobre a natureza biológica das interações epistáticas, e então adicionar um único parâmetro na construção do modelo. Dickerson (1973) definiu como perda por recombinação a fração média de pares de genes, com segregação independente, presentes nos gametas de ambos os pais, que espera-se que sejam combinações não-parentais. Kinghorn (1980) definiu a perda por epistasia como sendo proporcional à probabilidade de que dois genes não alelos, em um indivíduo diplóide, sejam de raças diferentes. Fries *et al.* (2000) definem coeficientes de epistazigose, calculados como a heterozigose média nos pais de um indivíduo, para estimação de efeitos de epistasia.

O objetivo deste trabalho foi estudar efeitos heteróticos, epistáticos e de interação genótipo-ambiente em gerações avançadas de animais cruzados, por meio de modelos de avaliação de efeitos genéticos que contemplam diferentes formas de derivação de coeficientes para efeitos de epistasia.

### MATERIAL E MÉTODOS

O arquivo utilizado continha registros de 86.095 bezerros Hereford x Nelore, distribuídos em 2.666 grupos de contemporâneos, e criados em fazendas localizadas nos estados de Mato Grosso,

Goiás, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, entre as latitudes 14°S e 31,5°S, disponibilizados pelo programa de melhoramento de gado de corte Conexão Delta G, e preparados pela empresa GenSys Consultores Associados S/C Ltda. Foram avaliados dados de ganho de peso médio diário do nascimento à desmama (GMDND), ajustados para os efeitos linear e quadrático da idade da vaca ao parto dentro de sexo na desmama e, para os efeitos linear e quadrático da idade à desmama e da data juliana de nascimento do bezerro. Em todos os modelos estudados, os efeitos de grupos de contemporâneos foram pré-absorvidos.

Os seguintes modelos foram usados: o ADEC contendo efeitos diretos e maternos de ação aditiva, dominância, complementariedade e epistasia, sendo o efeito de epistasia modelado por epistazigose; o ADEC\_K contendo os mesmos efeitos do anterior, porém usando a hipótese X de Kinghorn (1980) para derivação do coeficiente "e" de perda por epistasia; o ADEC\_D contendo os mesmos efeitos dos dois anteriores, mas utilizando o coeficiente "r" de perda por recombinação (Dickerson, 1973) para modelagem de efeitos epistáticos. Em todos os modelos, foram contemplados efeitos de interação entre todos os efeitos genéticos com efeitos lineares e quadráticos de latitude. Coeficientes para efeitos diretos e maternos de complementariedade foram calculados como  $[A*(1-A)]$  e  $[Am*(1-Am)]$ , em que A e Am são os coeficientes para efeitos diretos e maternos de ação aditiva, definidos pela contribuição dos genes Nelore na composição genética de cada indivíduo.

Estimativas dos parâmetros foram obtidas por regressão de cumeira (com  $k=0,06$ ), buscando contornar os efeitos da multicolinearidade verificada nas análises. As análises foram feitas por meio da opção "ridge" do comando "proc reg" do programa *Statistical Analysis System* (SAS, 1996). Para proceder ao estudo, foram feitas previsões de desempenhos das gerações Nelore, F1, F2, F3 e F4, na formação do Braford ½, partindo-se de vaca zebu, conforme estimativas obtidas por cada modelo.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentados os valores preditos de GMDND para as cinco gerações, nas latitudes 30, 25, 20 e 15°S, de acordo com os três modelos.

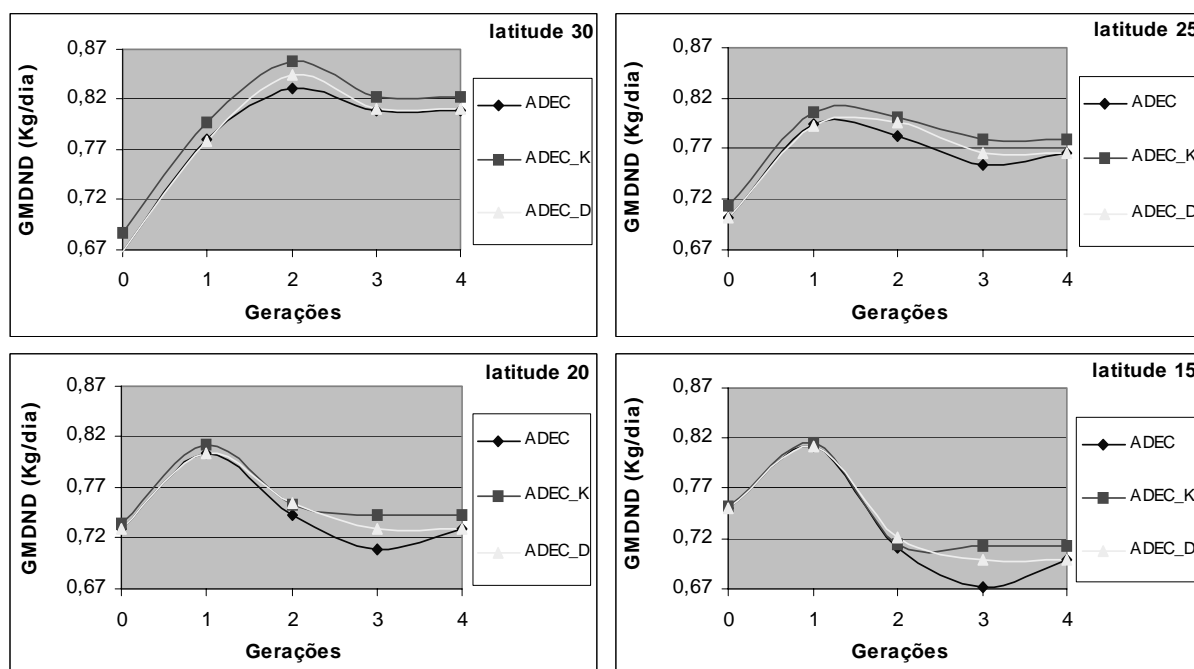


FIGURA 1. Previsões de ganho médio diário de peso do nascimento à desmama (GMDND), das gerações parental, F1, F2, F3 e F4, na formação de um Braford ½, partindo de vaca zebu, conforme estimativas obtidas com os três modelos, nas latitudes 30, 25, 20 e 15°S

Partindo-se da latitude 30 para a 15, percebe-se um aumento nos valores preditos para as gerações 0 e F1. A partir da geração F2, um decréscimo nas previsões de GMDND pode ser observado, evidenciando um efeito de interação entre efeitos genéticos e de latitude. Em latitudes

mais baixas, a superioridade observada nas predições, para as gerações 0 (bezerro Nelore) e F1 (mãe Nelore), pode ser explicada pela ação aditiva direta e materna, respectivamente, em virtude da maior adaptação do Nelore a climas mais quentes.

Nas quatro latitudes, observa-se superioridade do desempenho de indivíduos F1 em relação ao Nelore. A partir da geração F2, percebe-se que a superioridade do cruzado em relação ao Nelore decresce à medida que as latitudes se tornam mais baixas. Na latitude 15, correspondente aos rebanhos localizados nos estados de Mato Grosso e Goiás, os valores preditos para F2, F3 e F4 são inferiores aos preditos para bezerros Neloires. Em estudo sobre o desempenho de diversos grupos genéticos Holandês x Gir no Brasil, Facó *et al.* (2002) não verificaram qualquer benefício em elevar a proporção de genes da raça taurina sob condições de ambiente hostis.

As predições de desempenho de indivíduos F2, F3 e F4 são inferiores às observadas para a geração F1 em todas as latitudes, exceto na 30. Especula-se que a superioridade, observada nesta latitude, deva-se a uma manifestação mais acentuada de heterose materna.

Os valores de GMDND preditos pelos três modelos foram bem próximos para todas as gerações, exceto para a F3, notadamente em latitudes mais baixas. Os valores mais baixos observados na geração F3, para as predições feitas a partir das estimativas obtidas usando-se o modelo ADEC, podem ser explicados pelo fato do coeficiente de epistazigose materna ser máximo nesta geração. Na Tabela 1 são apresentados os valores dos coeficientes individuais e maternos de perda por epistasia ("e"), perda por recombinação ("r") e epistasigose calculados para as cinco gerações consideradas. Os coeficientes individuais e maternos de perda por epistasia, e individuais de perda por recombinação, são iguais para as gerações F2, F3, e F4. Uma vantagem observada na estimação de efeitos epistáticos por meio do coeficiente de epistazigose reside na facilidade de cálculo dos coeficientes, uma vez que são funções simples dos coeficientes de heterozigose nos pais dos indivíduos.

TABELA 1. Valores dos coeficientes "e" de perda por epistasia, "r" de perda por recombinação e epistazigose para as gerações Nelore, F1, F2, F3 e F4

Genótipo	Coef. "r" individual	Coef. "r" materno	Coef. "e" individual	Coef. "e" materno	Epistasigose individual	Epistasigose materna
Nelore	0	0	0	0	0	0
F1	0	0	½	0	0	0
F2	½	0	½	½	1	0
F3	½	½	½	½	½	1
F4	½	½	½	½	½	½

### CONCLUSÕES

A inclusão de efeitos de interação genótipo-ambiente, em modelos de avaliação de efeitos genéticos em animais cruzados, se mostrou um aspecto importante a ser considerado no planejamento de programas de cruzamentos.

Coeficientes de perda por epistasia, perda por recombinação ou epistazigose podem ser usados para estimação de efeitos epistáticos, sem grande diferença em termos de predição. Uma vantagem em facilidade de cálculo pode ser percebida no uso da epistazigose.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRITO, F.V.; PICCOLI, M.L.; SEVERO, J.L.P. *et al.* Estimating environmental and genotypic effects on preweaning weight gain of Angus x Nelore calves. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier, **Proceedings...** p.773-776.
- DICKERSON, G.E. Inbreeding and Heterosis in Animals. In: ANIMAL BREEDING AND GENETICS SYMPOSIUM IN HONOR OF DR. JAY L. LUSH. 1973, Champaign, **Proceedings...** p.54-77.
- FACÓ, O.; LÔBO, R.N.B.; MARTINS FILHO, R. *et al.* Análise do Desempenho Produtivo de Diversos Grupos Genéticos Holandês x Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.1944-1952. 2002.
- FRIES, L.A.; JOHNSTON, D.J.; HEARNshaw, H. *et al.* Evidence of Epistatic Effects on Weaning Weight in Crossbred Beef Cattle. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Marrickville, v.13, supl. B, p. 242, 2000.



## V Simpósio da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal

---

- KINGHORN, B.P. The expression of 'recombination loss' in quantitative traits. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.97, p.138-143. 1980.
- KINGHORN, B.P.; VERCOE, P.E. The effects of using the wrong genetic model to predict the merit of crossbred genotypes. **Animal Production**, v.49, p.209-216. 1989.
- SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT. User's Guide**, release 6.11.ed. Cary: 1996.