

**DEFINIÇÕES DE EPISTASIA APLICADAS AOS DADOS DE  
KOCH *et al.* (1985) E DE REGE (1998)**

L. A. Fries<sup>1,2,3</sup>, F. S. Schenkel<sup>4</sup>, V. M. Roso<sup>1</sup>, F. V. Brito<sup>1</sup>, J. L. P. Severo<sup>1</sup> e M. L. Piccoli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GenSys Consultores Associados S/C Ltda;  
Rua Guilherme Alves, 170/304 - 90680-000 Porto Alegre RS.

<sup>2</sup>Lagoa da Serra Ltda.

<sup>3</sup>DZ-FCAV-UNESP-Jaboticabal.

<sup>4</sup>University of Guelph.

**Introdução**

O termo "perda por recombinação" foi introduzido por Dickerson (1973) e é representado pelos desvios da associação linear de heterose com o grau de heterozigose, descrevendo "a fração média de pares de locus que segregam, independentemente, nos gametas de ambos os pais e cujas combinações esperadas são não parentais". Kinghorn (1980) definiu "perdas epistáticas" como "proporcional à probabilidade de que dois genes não alélicos, no indivíduo diplóide, sejam de raças diferentes". Segundo Fries *et al.* (2000), as perdas epistáticas ou por recombinação são proporcionais à epistazigose ( $E^I$ ), ou a heterozigose média observada nos pais, ou  $E^I=0.5(H^T+H^V)$ , em que  $H^T$  é a heterozigose do touro e  $H^M$  é a heterozigose da vaca.  $E^I$  expressa a "máxima perda epistática ou por recombinação relativa" e poderia ser entendida como uma interpretação numérica das definições de Dickerson (1973) e de Kinghorn (1980). Seu valor será máximo ( $E^I=1.0$ ) quando ambos os pais forem F1's. Na Tabela 1 podem ser observadas as definições revisadas por Koch *et al.* (1985), quando aplicadas aos genótipos apresentados pelos autores no seu estudo original.

Tabela 1. Alguns genótipos e covariáveis para epistasia, de acordo com as definições de Dickerson (D'73), Kinghorn (K'80), Hill (H'82) e Koch *et al.* (K'85), apresentados por Koch *et al.* (1985); de acordo com Arthur *et al.* (1999, A'99); e como definido aqui ( $E^I=0.5(H^T+H^V)$  e  $E^M$  igual ao  $E^I$  da mãe ou  $E^M=0.5(H^{PV}+H^{MV})$ , em que  $H^{PV}$  e  $H^{MV} = H$  do pai e da mãe da vaca, respectivamente).

Genótipo	Covariáveis para efeitos epistáticos <sup>A</sup>						
	D'73	K'80	H'82	K'85	A'99	$E^I$	$E^M$
Parental	0	0	1	0	0	0	0
F1	0	1/2	0	1/2	1/2	0	0
Retrocruza	1/4	3/8	1/4	5/8	3/8	1/2	0
F2	1/2	1/2	0	1/2	1/2	1	0
F3	1/2	1/2	0	1/2		1/2	1
F4						1/2	1/2

<sup>A</sup> Células vazias indicam que os genótipos não estavam disponíveis nos estudos respectivos.

**Discussão**

Nenhuma destas definições consegue diferenciar a quantidade de epistasia presente no F2 do nível presente no F3 e, presumivelmente, em qualquer geração mais avançada. Pode-se observar, também, que existem definições pelas quais o F1 não deveria apresentar epistasia, enquanto esta deveria estar presente no F2, em seu grau máximo. Em outras, F1 e F2 apresentam os mesmos coeficientes. Rege (1998) coletou e meta-analisou dados de 80 registros de cruzamentos entre raças leiteiras temperadas e bovinos nativos nos trópicos. O autor apresentou as médias por quadrados mínimos e seus erros-padrão (ep) para 5 características de desempenho e várias composições genéticas, em termos da contribuição de taurus. A Tabela 2 apresenta alguns dados de Rege, exceto para cruzamentos muito avançados (15/16 e 31/32), que possuíam erros-padrão relativamente grandes. O mesmo ocorreu para os genótipos F4, mas para estes existe um interesse real para a predição. Um polinômio ordinário (linear e quadrático) foi utilizado por Rege, em %taurus, para explicar seus 14 pontos/dados, resultando em um  $R^2$  de 0.82. Quando o mesmo foi feito aqui, utilizando um procedimento de quadrados mínimos ponderados sobre os 12 pontos acima, o  $R^2$  foi 0.8788. E, quando a heterozigose da vaca ( $H^I$ ) foi adicionada ao modelo, o  $R^2$  passou para 0.9759. Ao se adicionar neste modelo a covariável para perda por recombinação (D'73), o  $R^2$  foi, novamente, 0.9759. Isto ocorre devido a uma dependência linear exata [  $D'73 = 4*(1-\%taurus)*(\%taurus) - H^I$  ] e nenhuma solução única é possível. Piccoli *et al.* (2002) também encontrou que a adição de complementariedade (interações aditivo\*aditivo) ao modelo reduziu fortemente a magnitude das estimativas de heterose, indicando que o que é estimado como heterose, sob o modelo aditivo-dominante, pode, de fato, ser devido a um efeito aditivo não linear. Para este mesmo modelo (efeitos linear e quadrático para %taurus e heterozigose), quando a covariável para epistazigose ( $E^I$ ) foi adicionada, o  $R^2$  atingiu 0.9811. Se um modelo padrão mais simples é utilizado, então é possível obter uma comparação entre as duas covariáveis para epistasia: o modelo base deveria conter apenas o efeito linear para %taurus e heterozigose. Quando D'73 é adicionado, o  $R^2$  permanece ainda 0.9759. Quando  $E^I$  é adicionado, o  $R^2$  é 0.9797. Em ambos os modelos, a estimativa de heterose deveria ser, praticamente, a mesma: 329 kg. As estimativas de epistasia para os modelos com D'73 e  $E^I$  deveriam ser, respectivamente:  $-354 \pm 117$  kg e  $-208 \pm 59$  kg.

### Conclusões

É necessário que se realize mais pesquisas a fim de se verificar se, como acontece com a heterose, a epistasia estimada por epistazigose é determinada/proporcional à: (1) H dos pais; (2) característica sendo considerada; (3) distância genética entre as raças envolvidas (portanto, a necessidade para decomposições próprias); (4) seleção praticada e frequência gênica para os rebanhos/populações envolvidas; e (5) interações de epistasia com o ambiente.

Tabela 2. Alguns genótipos analisados por Rege (1988), com composição genética (%taurus), covariáveis para as heterozigoses individual ( $H^I$ ), do touro ( $H^T$ ), e da vaca ( $H^V$ ) e para epistasia, de acordo com as definições de Dickerson (D'73) e como definido aqui ( $E^I=0.5(H^T+H^V)$ ), produção de leite por lactação (PL, em kg) e erro padrão de PL.

Genó-tipo	% taurus <sup>A</sup>	$H^I$	$H^I$	$H^V$	$E^I$	D'73	PL (kg)	ep (kg)
0	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000	1.322	46,7

1/8	~0,125	0,25	0,00	0,50	0,25	0,1875	1.637	153,5
¼	~0,25	0,50	0,00	1,00	0,50	0,2500	1.709	68,7
3/8	~0,375	0,50	1,00	0,50	0,75	0,4375	1.766	98,9
1/2(F1)	0,500	1,00	0,00	0,00	0,00	0,0000	2.195	30,1
5/8	~0,625	0,50	1,00	0,50	0,75	0,4375	2.046	78,9
¾	~0,75	0,50	0,00	1,00	0,50	0,2500	2.179	43,5
7/8	~0,875	0,25	0,00	0,50	0,25	0,1875	2.243	83,0
1	1,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000	2.420	59,1
F2	~0,5	0,50	1,00	1,00	1,00	0,5000	1.725	105,1
F3	~0,5	0,50	0,50	0,50	0,50	0,5000	1.860	177,4
F4	~0,5	0,50	0,50	0,50	0,50	0,5000	2.659	357,7

<sup>Δ</sup> quando um dos pais não é puro, utiliza-se a composição genética esperada.

### Referências Bibliográficas

- Arthur, P.F., Hearnshaw, H., Stephenson, P.D. (1999) *Lives Prod. Sc.* 57: 231-241.
- Dickerson, G.E.(1973) In <<Proc An Breed Gen Symp Honor Dr. JL.Lush>>, p54-77, ASAS.
- Fries, L.A., Johnston, D.J., Hearnshaw, H. *et al.* (2000) *Asian-Aust J. Anim. Sci.*13 B:242.
- Kinghorn, B.P. (1980) *Z. Tierzuchtg.Zuchtgsbiol.* 97:138-143.
- Koch, R.M., Dickerson, G.E., Cundiff, L.V., *et al.*(1985) *J. Animal Sci.* 60(5):1117-32
- Piccoli, M.L., Roso, V.M., Brito, *et al.* (2002). *Proc 7th WCGALP* (submetido)
- Rege, J.E.O. (1998) *Proc. 6th WCGALP* 25 : 193-200.