

RETENÇÃO DE HETEROSE EM SISTEMAS DE CRUZAMENTO DE BOVINOS DE CORTE

Pedro Franklin Barbosa⁽¹⁾

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivos a apresentação e a discussão de alguns conceitos relacionados com sistemas de cruzamento de bovinos de corte, principalmente quanto à retenção de heterose. As razões para a adoção de qualquer um dos sistemas de cruzamento em gado de corte são as seguintes: i) utilização da heterose ou vigor híbrido; ii) aproveitamento dos efeitos de raça; iii) utilização de complementariedade. Embora a utilização dos efeitos de raça e da complementariedade possam ser tão importantes quanto à utilização de heterose na produção comercial de gado de corte, a utilização de heterose é a razão mais citada e discutida para a implementação de sistemas de cruzamento. Por outro lado, a escolha de um sistema de cruzamento e, posteriormente, de um determinado tipo dentro do sistema escolhido, depende basicamente dos recursos genéticos e de ambiente disponíveis, bem como da quantidade de heterose retida nas gerações secundárias. Assim, é importante que sejam discutidos alguns conceitos relacionados com a retenção de heterose. Esta contribuição é resultante da participação do autor, como debatedor, no painel "Cruzamento Industrial e o Zebu" durante o I Congresso Internacional de Zebu.

2. RETENÇÃO DE HETEROSE

Heterose ou vigor híbrido (SHULL, 1948) tem sido definida como a superioridade observada nas progênies cruzadas, para uma determinada característica, em relação à média da performance das raças paternas para a mesma característica, em condições semelhantes de produção e manejo. A porcentagem de hetero

(1) Pesquisador em Melhoramento Animal, EMBRAPA-UEPAE de São Carlos, Caixa Postal 339 - CEP: 13560 - São Carlos, SP, Brasil.

se na primeira geração filial (F_1), para uma determinada característica, pode ser representada pela seguinte expressão:

$$HF_1 = \frac{\bar{F}_1 - \frac{\bar{X} + \bar{Y}}{2}}{\frac{\bar{X} + \bar{Y}}{2}} \times 100$$

HF_1 = porcentagem de heterose para determinada característica;

\bar{F}_1 = média da performance do F_1 ;

\bar{X} = média da performance da raça X; e

\bar{Y} = média da performance da raça Y.

A retenção de heterose é definida como a proporção da heterose observada na geração F_1 que é retida tanto nas gerações seguintes de acasalamentos entre animais cruzados ($F_1, F_2 \dots$ etc.) como nos produtos provenientes de cruzamentos secundários (retrocruzadas, raças derivadas, "three-crosses", etc.) entre animais de "raças puras" e cruzados. Os cruzamentos secundários são temporários quando o objetivo é a formação de uma raça derivada ou absorção para uma "raça pura" já existente; em todos os demais sistemas, os cruzamentos secundários são realizados permanentemente. Em ambos os casos, é importante considerar a proporção de heterose observada no F_1 que é retida nas gerações e cruzamentos secundários, uma vez que a escolha de determinado sistema de cruzamento pode ser facilitada quando se tem informações sobre este aspecto. Embora exista um grande número de raças e resultados de sistemas de cruzamento em gado de corte, as informações disponíveis sobre retenção de heterose são muito poucas. Por outro lado, vários pesquisadores tem se preocupado com os aspectos teóricos da heterose e sua retenção. Assim, serão apresentadas e discutidas algumas estimativas de retenção de heterose, com base nas hipóteses desenvolvidas para explicar a ocorrência de heterose. As estimativas de retenção de heterose foram baseadas nas hipóteses de dominância (DICKERSON, 1973) e de epistasia parental e do F_1 (SHERIDAN, 1980). A hipótese dos efeitos compostos da dominância e da epistasia (HILL, 1982) não será discutida nesta oportunidade.

Supondo que exista uma relação linear entre os efeitos de dominância e recombinação e a porcentagem de heterozigose, DICKERSON (1973) desenvolveu a seguinte expressão para estimar a retenção de heterose em gerações secundárias (F_2 e seguintes):

$$RH = 1 - \sum_{i=1}^n P_i^2$$

Onde:

RH = retenção de heterose;
 n = número de raças usadas na produção dos animais cruzados; e
 P_i = proporção da i ésima raça nos animais cruzados utilizados como reprodutores (touro e/ou matrizes).

Como a maioria das raças derivadas de gado de corte desenvolvidas no mundo é composta de 5/8 Europeu + 3/8 Zebu, a retenção de heterose nos animais bimestiços, em relação aos obtidos na geração F_1 (1/2 Europeu-Zebu), é de aproximadamente 47% (isto é, $1 - \{(5/8)^2 + (3/8)^2\} = 0,47$). Esta estimativa de retenção de heterose não considera os ganhos genéticos que podem ser obtidos para a característica em questão; no sistema tradicional de obtenção de raças derivadas com 5/8 Europeu + 3/8 Zebu (cruzamento alternado por três gerações e mestiçagem por uma geração) há pelo menos quatro oportunidades para escolha dos pais da próxima geração e determinação de quantas progênes cada animal selecionado poderá ter, antes de ser iniciado o programa de acasalamentos de animais cruzados entre si.

Da mesma forma, supondo que a heterose resulta de diferentes combinações gênicas epistáticas, presentes nas raças parentais, que são transmitidas aos animais cruzados (epistasia parental) e/ou das interações entre diferentes genes, presentes nas raças parentais, que são recuperadas nos animais cruzados (epistasia do F_1), conforme termos propostos por SHERIDAN (1980), a retenção de heterose pode ser estimada pela seguinte equação geral (BARBOSA, 1984):

$$RH = 1 - \sum_{i=1}^n P_i^m$$

Onde:

RH = retenção de heterose;

n = número de raças usadas na produção dos animais cruzados;
 P_i = proporção da i ésima raça nos animais cruzados utilizados como reprodutores (touro e/ou matrizes); e
 m = número de pares de genes complementares.

A equação acima pode ser usada mesmo nas situações em que a heterose varia diferente entre pares de raças; para tanto, é necessário ponderar, em termos relativos, a heterose entre cada par de raças pelas respectivas proporções. Da mesma forma, se as proporções de cada raça não forem igualmente distribuídas nos diferentes grupos de fêmeas (matrizes) cruzadas, deve-se ponderar as proporções pela heterose entre cada par. A situação descrita acima ocorre, por exemplo, no sistema de cruzamento rotacionado modificado (utilização de touros de uma determinada raça por duas vezes consecutivas e de touros de outra raça apenas uma vez).

O número de pares de genes complementares (m) que influencia uma determinada característica não é conhecido. Assim, há necessidade de supor diferentes valores para este parâmetro. A hipótese mais provável, entretanto, é aquela de RINGHORN (1980), que se baseia na complementação de genes diferentes codificando para enzimas independentes envolvidos no mesmo processo bioquímico. Por outro lado, quando se utiliza sistemas de cruzamento, há o risco de quebra das combinações epistáticas favoráveis que se estabeleceram ao longo do tempo nas "raças puras". Mas, em contra-partida, outras combinações epistáticas favoráveis podem ser estabelecidas nos animais cruzados, particularmente nas raças derivadas, se considerarmos que cada recurso genético disponível na atualidade representa uma amostra do material genético existente por ocasião da domesticação dos bovinos (*Bos taurus*) e zebuínos (*Bos indicus*), conforme discutido por BARBOSA (1988). Além disso, o aspecto de seleção nas condições de ambiente hoje existentes deve ser considerado, bem como as técnicas melhoradas de identificação de genótipos superiores. Assim, ao invés de perda dos efeitos epistáticos, pode ocorrer um ganho epistático quando há cruzamento entre "raças puras" diferentes ou utilização de animais cruzados na reprodução; o ganho epistático é, naturalmente, proporcional ao número de pares de genes complementares.

As estimativas de retenção de heterose, obtidas pela aplicação das equações acima descritas para alguns sistemas de cruzamento, são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Estimativas de retenção de heterose para alguns sistemas de cruzamento, expressas como porcentagem da heterose observada na geração F_1

Sistema de cruzamento	Dominância	Epistasia ⁽¹⁾			
		m=2	m=3	m=5	m=10
- Raças derivadas⁽²⁾					
5/8 E + 3/8 Z	47	47	70	90	99
1/2 E + 1/2 Z	50	50	75	94	100
1/2 E + 1/4 Z ₁ + 1/4 Z ₂	63	63	84	97	100
1/2 E ₁ + 1/4 Z ₁ + 1/4 E ₂ + 1/4 Z ₂	75	75	94	100	100
- Rotacionado					
2 raças	67	55	70	86	98
3 raças	86	59	79	94	100
Modificado ⁽³⁾	49	49	73	92	99

(1) m = número de pares de genes complementares;

(2) E = Europeu (os índices indicam raças diferentes);

Z = Zebu (os índices indicam raças diferentes);

(3) Utilização de touros Canchim e Zebu em rotação, com repetição de touros Canchim ("sistema" 2C: 1Z: 2C).

Dois aspectos importantes podem ser destacados quando se compara as estimativas obtidas. Em primeiro lugar, com base na hipótese de dominância, nota-se que quanto maior o número de raças utilizadas na formação de uma raça derivada, maior a retenção de heterose nas gerações secundárias. Em segundo lugar, com base nas estimativas obtidas segundo a hipótese de epistasia, observa-se que quanto maior o número de pares de genes complementares, maior é a possibilidade de se obter animais cruzados, em gerações secundárias, com desempenho semelhante aos da geração F_1 . Como tem sido demonstrado que a heterose é inversamente proporcional à herdabilidade para uma determinada característica e, ainda, que os efeitos da heterose são cumulativos, pode-se esperar que o número de pares de genes complementares influenciando as características econômicas de gado de corte seja relativamente maior do que se supõe. As estimativas de herdabilidade para as características de maior importância econômica, em termos relativos, como fertilidade, mortalidade de bezerros e habilidade materna das vacas, por exemplo, são baixas ou quase nulas (menor que 0,1); isto indica que a variação genética

aditiva (dominância e epistasia) e a variação devida aos fatores de ambiente são os componentes principais da variação fenotípica para aquelas características

Além disso, a utilização de cruzamentos pode contribuir para aumentar a variabilidade genética, facilitando a aplicação de programas de seleção planejados para as condições de produção e manejo existentes em uma determinada região. Esta afirmação é feita com base no fato de que as "raças puras", na sua grande maioria, foram selecionadas em ambientes diferentes dos existentes nas condições de produção de gado de corte no Brasil.

Algumas conclusões podem ser apresentadas quanto ao conceito de retenção de heterose em sistemas de cruzamento. Embora pareça haver linearidade entre heterose e heterozigose, há poucas evidências experimentais indicando que o nível de heterose nas gerações secundárias é menor do que aquele que seria previsto com base na porcentagem de heterozigose. Além disso, dependendo do tipo de interação gênica considerado e supondo que os efeitos da recombinação são importantes no desempenho dos animais de gerações secundárias, a formação de raças derivadas e a produção comercial de F_2 (produtos de $F_1 \times F_1$, semelhantes ou diferentes) apresentam o potencial de ter níveis mais altos de heterose residual do que os cruzamentos rotacionados. Entretanto, há necessidade de experimentos com o objetivo de gerar informações sobre os níveis de retenção de heterose em diferentes populações cruzadas de gado de corte, especialmente com referência aos efeitos da heterose paterna e materna sobre características econômicas, bem como sua retenção nas gerações e cruzamentos secundários.

LITERATURA CITADA

- MARBOSA, P.F. Heterosis retention and recombination effects in beef cattle. Unpublished term paper. College Station, Department of Animal Science, Texas A & M University, 1984.
- MARBOSA, P.F. Bases genéticas e evolutivas para a divergência das espécies de bovinos. *Ecossistema*, Espírito Santo do Pinhal, 13, 1988 (No prelo).

- DICKERSON, G.E. Inbreeding and heterosis in animals. In: Animal Breeding and Genetics Symposium, Champaign, Proceedings, pp. 54-77, 1973.
- HILL, W.G. Dominance and epistasis as components of heterosis. J. Anim. Breed. Genetics, 99: 161-168, 1982.
- KINGHORN, B. The expression of "recombination loss" in quantitative traits. J. Anim. Breed. Genetics, 97: 138-143, 1980.
- SHERIDAN, A.K. A new explanation for egg production heterosis in crosses between White Leghorns and Australorps. British Poultry Sci., 21(2): 85-88, 1980.
- SHULL, G.H. What is "heterosis"? Genetics, 33: 439-446, 1948,