

UTILIZAÇÃO DE CRUZAMENTOS PARA A PRODUÇÃO DE CARNE BOVINA



Maurício Mello de Alencar¹

INTRODUÇÃO

O baixo potencial genético dos rebanhos bovinos de corte brasileiros, formados principalmente de animais zebus ou azebuados, ou a não adequação dos mesmos aos sistemas de produção, aliado a deficiências nos manejos sanitário e reprodutivo e à não suplementação alimentar no período de escassez de forragens, resulta em baixa produtividade e baixo índice de desfrute do setor produtivo. A necessidade de aumento da produção de carne bovina, em razão do aumento da demanda interna decorrente do crescimento da população e da perspectiva de abertura de novos mercados para exportação, bem como do aumento da produtividade do setor, para torná-lo competitivo, tende a viabilizar a bovinocultura intensiva, uma vez que ela favorece a utilização racional dos fatores de produção.

A viabilização de sistemas intensivos de produção de carne bovina depende da utilização de animais de grupos genéticos capazes de responder satisfatoriamente aos investimentos feitos no setor. A

¹ Pesquisador do Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste - CPPSE, Caixa Postal 339, CEP 13560-970, São Carlos, SP. E-mail: mauricio@cppsse.embrapa.br

disponibilidade de um grande número de raças de bovinos, biologicamente diferentes, pode e deve ser usada no sentido de adequar tipo de animal e ambiente, para aumentar a eficiência dos sistemas de produção. Neste contexto, o cruzamento entre raças tem muito a contribuir, pois, além de dar flexibilidade aos sistemas de produção, permite explorar as diferenças genéticas entre raças e os efeitos da heterose e da complementaridade (BARBOSA e ALENCAR, 1995).

Os objetivos deste trabalho são: 1) apresentar e discutir o modelo que descreve o desempenho esperado de animais cruzados em termos de contribuição das raças componentes e da heterose; 2) apresentar uma síntese do desempenho de animais cruzados no Brasil; e 3) discutir sistemas de cruzamentos.

MODELO DE DESEMPENHO

O desempenho (P) de uma população é o resultado da utilização dos recursos genéticos (G) e ambientais (A) disponíveis, bem como da possível interação ($G \times A$) entre os mesmos, ou seja: $P = G + A + G \times A$. Entende-se por recurso ambiental o ambiente (solo, clima, topografia, etc.) propriamente dito, bem como os manejos nutricional, sanitário e reprodutivo, dados aos animais pelo homem. O componente genético (G) deste modelo pode ser subdividido em seus componentes causais. NOTTER (1987) utiliza um modelo para descrever a média do desempenho esperado de populações cruzadas em termos da

contribuição das raças componentes e da heterose. Neste trabalho será apresentada uma simplificação do modelo apresentado por NOTTER (1987), uma vez que não serão considerados os efeitos de recombinações epistáticas no indivíduo e nos pais (r^I , r^M , r^P), efeitos de genes mitocondriais contribuídos pela mãe (mt), efeitos de genes ligados ao sexo encontrados nos cromossomos X e Y e efeitos do ambiente fornecido pelos avós maternos (gp^M) sobre a habilidade materna da mãe. Desta maneira, a média esperada do desempenho será dada em termos de:

- 1) Média da contribuição aditiva dos genes nucleares recebidos de cada pai (g^I). O cruzamento tende a dividir proporcionalmente o mérito genético das raças nele envolvidas. Uma raça altamente selecionada para uma determinada característica, quando utilizada em cruzamento, passará para a progênie a metade da média dos efeitos dos seus genes para a característica. O valor de g^I pode ser positivo ou negativo, dependendo da raça e da característica.
- 2) Efeitos diretos da heterose (h^I) atribuída ao aumento da heterozigose no indivíduo cruzado. Os efeitos heteróticos refletem os efeitos de dominância, sobredominância e epistasia.
- 3) Média dos efeitos maternos da mãe pura ou cruzada, na expressão da característica de interesse na progênie. Estes efeitos maternos podem incluir: a) contribuição aditiva dos genes do núcleo aos efeitos maternos da mãe (g^M); e b) efeitos heteróticos maternos (h^M) resultantes da heterozigose na mãe, influenciando a expressão da característica de interesse no indivíduo.

4) Média dos efeitos paternos do pai puro ou cruzado, na expressão da característica no filho. Estes efeitos podem incluir: a) contribuição aditiva dos genes nucleares aos efeitos paternos do pai puro ou cruzado (g^P); e b) efeitos da heterose paterna (h^P) resultantes da heterozigose no pai. Estes efeitos paternos são difíceis de ser visualizados na maioria das características em bovinos de corte, mas são muito importantes para características discretas ou não contínuas e para características compostas, como quilogramas de bezerro produzidos por fêmea exposta.

Baseado nos termos que compõem o componente genético (G) da equação de produção (P), desconsiderando-se os efeitos paternos e considerando-se o cruzamento das raças A e B (no cruzamento, a raça do pai aparece primeiro), o modelo genético (desempenho esperado) para qualquer tipo de animal seria:

$$G = K_{iA} \cdot g_A^I + K_{iB} \cdot g_B^I + K_{mA} \cdot g_A^M + K_{mB} \cdot g_B^M + K_{iAB} \cdot h^I + K_{mAB} \cdot h^M, \text{ em que}$$

K_{iA} , K_{iB} , K_{mA} e K_{mB} são as percentagens das raças A e B no indivíduo (i) e na sua mãe (m), respectivamente; K_{iAB} e K_{mAB} são as percentagens esperadas de locos com um gene de A e outro de B no indivíduo e na sua mãe, respectivamente; g_A^I , g_A^M e g_B^M são os efeitos aditivos diretos (I) e maternos (M) das raças A e B, respectivamente; e h^I e h^M são os efeitos heteróticos individual e materno entre as raças A e B, respectivamente. Desta maneira, os desempenhos esperados de vários tipos de animais são:

Raças Puras:

$$\bar{A} = g_A^I + g_A^M$$

$$\bar{B} = g_B^I + g_B^M$$

Cruzados Recíprocos (F1; 1ª geração de cruzamento):

$$\overline{AB} = 1/2 g_A^I + 1/2 g_B^I + g_B^M + h^I$$

$$\overline{BA} = 1/2 g_A^I + 1/2 g_B^I + g_A^M + h^I$$

Retrocruzados (RC):

$$\overline{A(AB)} = 3/4 g_A^I + 1/4 g_B^I + 1/2 g_A^M + 1/2 g_B^M + 1/2 h^I + h^M$$

$$\overline{B(AB)} = 1/4 g_A^I + 3/4 g_B^I + 1/2 g_A^M + 1/2 g_B^M + 1/2 h^I + h^M$$

$$\overline{(AB)A} = 3/4 g_A^I + 1/4 g_B^I + g_A^M + 1/2 h^I$$

$$\overline{(AB)B} = 1/4 g_A^I + 3/4 g_B^I + g_B^M + 1/2 h^I$$

F2 (F1 x F1):

$$\overline{(AB)(AB)} = 1/2 g_A^I + 1/2 g_B^I + 1/2 g_A^M + 1/2 g_B^M + 1/2 h^I + h^M$$

Nova Raça (NR) x Raça Pura:

$$NR = 5/8 A + 3/8 B$$

$$(NR)(B) = 5/16 g_A^I + 11/16 g_B^I + g_B^M + 5/8 h^I$$

Três Raças (TR):

A inclusão de uma terceira raça C, em cruzamento com animais F1 (AB), produziria animais com a seguinte média de desempenho:

$$\overline{C(AB)} = 1/4g_A^I + 1/4g_B^I + 1/2g_C^I + 1/2g_A^M + 1/2g_B^M + h^I + h^M$$

Em relação à média dos pais puros, observa-se, pelos modelos apresentados, que:

- 1) Os animais F₁ (média dos recíprocos) apresentam toda a heterose individual (h^I).
- 2) Os animais retrocruzados de pai puro (média dos dois retrocruzados) apresentam a metade da heterose individual ($1/2h^I$) mais toda a heterose materna (h^M).
- 3) Os animais retrocruzados de mãe pura (média dos dois retrocruzados) apresentam a metade da heterose individual ($1/2h^I$).
- 4) Os animais F₂ apresentam a metade da heterose individual ($1/2h^I$) mais toda a heterose materna (h^M).

Em relação a uma das raças puras, por exemplo a B, os animais F₁ (AB) apresentam diferença devido aos efeitos aditivos diretos ($1/2g_A^I - 1/2g_B^I$) e toda a heterose individual (h^I), enquanto que os retrocruzados (AB)B apresentam diferença devido aos efeitos aditivos diretos ($1/4g_A^I - 1/4g_B^I$) mais metade da heterose individual ($1/2h^I$) e os cruzados com touro de nova raça (NR)(B) apresentam diferença devido aos efeitos aditivos diretos ($5/16g_A^I - 5/16g_B^I$) mais 5/8 da heterose individual ($5/8 h^I$). Verifica-se, portanto, que o desempenho dos animais cruzados depende dos efeitos aditivos e heteróticos. A superioridade dos

cruzados, em relação a uma das raças puras, depende, ainda, da utilização de animais bons de ambas as raças.

Neste ponto, é interessante ressaltar que todos os efeitos aditivos e heteróticos do modelo dependem das raças que são cruzadas, da característica considerada e do ambiente dado aos animais. As raças apresentam diferentes valores para os efeitos aditivos (raças grandes, pequenas, férteis, de boa habilidade leiteira, etc.). A heterose é normalmente maior quando as raças cruzadas são bem distintas (maior heterose do cruzamento Europeu x Zebu do que dos cruzamentos Europeu x Europeu e Zebu x Zebu). Características de elevada herdabilidade (ganho de peso e carcaça) apresentam menor heterose do que características de baixa herdabilidade (fertilidade, viabilidade e habilidade materna).

DESEMPENHO DE BOVINOS CRUZADOS

No Brasil, há várias décadas vêm sendo desenvolvidos trabalhos de pesquisa no sentido de estudar os bovinos cruzados para a produção de carne. Na Tabela 1 é apresentado um resumo do desempenho de animais cruzados em relação a zebuínos puros, baseado em revisão feita por BARBOSA e ALENCAR (1995) dos trabalhos realizados no Brasil no período de 1934 a 1994, e com base nos trabalhos de MUNIZ et al. (1995), TREMATORE et al. (1995), CUBAS et al. (1996), OLIVEIRA e SAUERESSIG (1996) e PEROTTO et al. (1996). As raças envolvidas nos cruzamentos são: Angus, Brangus, Brangus Vermelho, Canchim, Caracu,

Charolesa, Chianina, Fleckvieh, Gir, Gelbvieh, Guzerá, Hereford, Limousin, Marchigiana, Nelore, Normanda, Piemontesa, Red Angus, Santa Gertrudis, Simental, South Devon e Suíça Parda. Os trabalhos foram desenvolvidos, principalmente, nos estados das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste.

Observa-se (Tabela 1) que os animais cruzados são, em geral, mais pesados do que os zebus e que a diferença relativa dos $F_1 E \times Z$ é maior do que a dos $Z \times Z$. Os animais cruzados de três raças ($E \times EZ$ e $Z \times EZ$) apresentam as maiores diferenças em relação ao Zebu e os animais retrocruzados e cruzados com touros de novas raças são também superiores. Para as características em confinamento e de eficiência reprodutiva de fêmeas, os animais cruzados são, em geral, superiores. Para características de carcaça (dados não apresentados) há superioridade dos cruzados, como esperado, para o peso da carcaça e para a área de olho de lombo. Para o rendimento de carcaça, característica de elevada herdabilidade, normalmente não há diferença entre cruzados. A espessura de gordura, entretanto, é maior nos animais zebuínos (Nelore, principalmente) do que nos cruzados, fato este importante quando se considera a necessidade de uma cobertura de gordura mínima para proteção da carne no resfriamento.

Os resultados dos trabalhos de pesquisa em cruzamentos no Brasil permitem concluir que:

1) Os animais cruzados são, em geral, superiores aos puros para características de crescimento a pasto e em confinamento, e para peso

de carcaça e área de olho de lombo, mas não para outras características de carcaça;

2) As fêmeas cruzadas são superiores às fêmeas puras para características reprodutivas e produzem bezerros mais pesados do que os puros quando retrocruzadas ou cruzadas com touros de uma terceira raça. Este fato sugere a manutenção dessas fêmeas no sistema de produção, visando elevar a taxa de desmama. Elas são, entretanto, mais pesadas, sugerindo maior exigência alimentar para manutenção, o que pode se tornar um fator altamente desfavorável, dependendo das condições de criação.

3) Os touros de novas raças são uma boa opção para cruzamento comercial, naquelas situações em que a inseminação artificial não é utilizada e o uso do touro puro de raça européia não é viável.

É importante frisar que os resultados acima apresentados são baseados em trabalhos feitos em fases isoladas do sistema de produção, nunca levando em conta o sistema como um todo. Uma avaliação mais precisa levaria em conta todas as fases do sistema, como cria, recria e terminação, avaliando-se também todos os grupos genéticos envolvidos no sistema.

SISTEMAS DE CRUZAMENTO

Vários sistemas de cruzamento podem ser utilizados pelo produtor de carne bovina: cruzamento de duas, três ou mais raças, cruzamento terminal ou rotacional, cruzamento absorvente, etc. Esses sistemas

Tabela 1. Desempenho de animais cruzados F s ½ europeu + ½ zebu (E x Z) e ½ zebu + ½ zebu (Z x Z); retrocruzados (RETRO) ¾ zebu + ¼ europeu (Z x ZE; filhos de vacas F s), cruzados de três raças (CTR) ¾ europeu + ¼ zebu e ¼ zebu + ¼ europeu (E x EZ e Z x EZ; filhos de vacas F s) e cruzados filhos de touros de novas raças com vacas zebús (NR x Z) em relação aos puros zebuínos (Nelore = 100)

Característica	F s		RETRO	CTR		
	E x Z	Z x Z	Z x ZE	E x EZ	Z x EZ	NR x Z
Peso a pasto						
Nascimento	109	101	117	136	131	108
Desmama	115	104	115	135	129	110
Ano	119	105	116			106
Sobreano	119	106	107			109
Dois anos	124	108				
Confinamento						
Peso de abate	109		109			113
Ganho de peso	124		115			121
Conv. Alimentar	97		100			95
Eficiência reprodutiva de fêmeas						
% Prenhez	155		185			
% Parição	133					
Int. de partos	85					

resultam em diferentes graus de heterose (vigor híbrido), possuem vantagens e desvantagens e a sua escolha dependerá dos objetivos do programa de cruzamentos, das raças envolvidas e das condições de manejo, ambiente, comercialização e do próprio produtor.

A escolha das raças a serem cruzadas é extremamente importante para o sucesso do programa de cruzamentos. As raças podem ser classificadas pelo tamanho (pequenas, médias e grandes), pela produção de leite (baixa, média e elevada) e pela musculatura (fina, média e grossa) (BARBOSA, 1995). As raças são ainda diferentes quanto à adaptação ao clima, resistência a parasitos, taxa de crescimento, habilidade materna, eficiência reprodutiva, acabamento de carcaça, peso de abate, gordura na carcaça, exigência nutricional, etc.

CRUZAMENTO TERMINAL ("INDUSTRIAL")

Duas raças

Tem a vantagem de ser simples e possibilitar a exploração da complementaridade das raças e de 100% da heterose individual na progênie. O sistema, entretanto, não produz fêmeas de reposição, sendo que estas têm que ser produzidas em rebanho paralelo ou adquiridas de outro produtor. Como não usa fêmeas cruzadas, não explora a heterose materna.

No caso de se utilizar a inseminação artificial (I.A.), recomenda-se selecionar a raça européia (paterna) para produção visando o mercado (carne gorda ou magra, novilho precoce, tamanho de carcaça) e selecionar o touro com base na diferença esperada na progênie (DEP) para peso ao ano, características de carcaça (peso, marmoreio, área de olho de lombo, espessura de gordura e retalhabilidade) e outras

características, como facilidade de parto (principalmente para novilhas), tamanho e musculatura. No repasse das fêmeas ou no caso de não se usar a I.A., recomenda-se utilizar touros de raça sintética.

Neste sistema, parte das fêmeas de reposição pode ser produzida acasalando-se as novilhas com touros da raça Nelore, o que reduz a eficiência do sistema ao nível de rebanho. Para evitar problemas de parto e ainda ter as vantagens da heterose, as novilhas podem ser cruzadas com uma raça de menor porte.

Três raças

Possibilita a exploração da complementaridade entre raças e de 100% das heteroses individual e materna (no segundo cruzamento). Tem a desvantagem de ser de manejo mais difícil, pois utiliza duas raças de touros, e não produz as fêmeas de reposição para o primeiro cruzamento.

Recomenda-se selecionar a primeira raça européia de maneira que a fêmea F₁ não seja muito grande e seja boa mãe e selecionar os touros dessa raça com base nos DEPs para peso ao ano, leite materno (habilidade de produzir leite das filhas), facilidade de parto das filhas e circunferência escrotal. Ainda, selecionar a segunda raça européia e touros dentro dessa com base no desenvolvimento e carcaça. As raças devem se complementar. Usar touros repasse de uma raça sintética. As novilhas puras e F₁s poderão ser cruzadas com touros da raça Nelore ou de uma raça de porte menor.

Esse cruzamento de três raças utilizando duas raças européias pode não ser viável em determinadas situações, uma vez que o animal final

será $\frac{3}{4}$ europeu. A utilização de uma raça sintética no primeiro acasalamento pode, entretanto, viabilizá-lo.

CRUZAMENTO ROTACIONAL

Rotacionado completo de duas raças (Européia e Nelore)

Apesar de explorar apenas parte das heteroses individual e materna (67%), tem a grande vantagem de produzir as fêmeas de reposição. O sistema, entretanto, dificulta o manejo e, quando estabilizado, terá sempre dois tipos de fêmeas no rebanho. Também não permite a complementaridade das raças, uma vez que as raças cruzadas devem ser semelhantes em termos de tamanho e habilidade materna, principalmente.

Recomenda-se escolher a raça européia de maneira que a fêmea F₁ não seja muito grande e seja boa mãe. Selecionar touros da raça européia e da raça Nelore com base nos DEPs para peso ao ano, leite materno, facilidade de parto das filhas e circunferência escrotal. O primeiro retrocruzamento deverá ser com touro da raça Nelore.

Rotacionado modificado de duas raças (raça sintética e Nelore)

Deve-se utilizar touro (ou sêmen) da raça sintética (5/8 europeu) por duas gerações consecutivas e começar a alternar a raça do touro a partir da terceira geração. Desta maneira, ter-se-á sempre animais entre 1/4 e 1/2 de europeu no rebanho.

Rotacionado completo de três raças

Apesar de explorar mais heterose (86%) do que o rotacional de duas raças e produzir as fêmeas de reposição, não será discutido pois complica muito o manejo.

Rotacionado de touros (BENNETT, 1989)

Neste sistema utiliza-se uma única raça de touro por um certo número de anos, então muda-se para outra raça de touro por um número igual de anos. Todas as fêmeas, independentemente de composição genética, são acasaladas com uma única raça de touro cada ano. Por exemplo: usa-se touro da raça A com fêmeas da raça B por dois anos, depois touro da raça B com as vacas da raça B e $\frac{1}{2} A + \frac{1}{2} B$ por mais dois anos, depois touro da raça A com as fêmeas B, $\frac{1}{2} A + \frac{1}{2} B$ e $\frac{1}{4} A + \frac{3}{4} B$ por mais dois anos, e assim por diante. Este sistema facilita o manejo pois exige apenas um pasto para monta e as fêmeas não têm que ser identificadas com que touro devem ser acasaladas, mas perde em heterozigose (54% para duas raças e 74% para três raças) e aumenta a variabilidade das fêmeas em relação ao rotacionado completo. Os bezerros, entretanto, são mais uniformes dentro de cada ano, pois são filhos de apenas uma raça de touro. Como este é um sistema bom para monta natural, as raças escolhidas podem ser uma ou duas sintéticas (Canchim e Brangus) e a Nelore.

Múltiplas raças de touro (BENNETT, 1989)

Neste caso utilizam-se duas ou mais raças de touros cada ano no mesmo pasto, ignorando-se a composição genética das fêmeas. Se por um lado o sistema facilita o manejo, a variação nas vacas e nos bezerros é maior e o nível de heterozigose é menor (50% para duas raças e 67% para três raças) do que no sistema rotacionado de touros. É também um bom sistema para monta natural, podendo-se utilizar as mesmas raças do sistema rotacionado de touros.

Raças compostas

Este sistema não será apresentado uma vez que é tema de um dos trabalhos desta publicação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cruzamento entre raças pode e vai ser cada vez mais usado para aumentar a eficiência dos sistemas de produção de carne bovina no País. Entretanto, não há no Brasil avaliação econômica dos sistemas de produção envolvendo o cruzamento entre raças, e as avaliações de eficiência biológica são feitas em determinadas fases do sistema de produção, isoladamente. Além disso, precisa-se determinar com precisão os efeitos aditivos e não-aditivos para as várias raças, características e tipos de ambiente e manejo, para que o produtor possa delinear seus programas de cruzamento com maior segurança. É preciso, também, que

o produtor entenda que o cruzamento não substitui o manejo adequado, e que a eficiência dos sistemas depende de outros fatores que devem ser também aprimorados. O cruzamento não dispensa a seleção; é necessário que os criadores de gado puro selecionem para aquelas características de elevada herdabilidade, para que os produtores comerciais possam cruzar animais superiores e tenham, também, as vantagens da heterose.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, P.F. Cruzamentos para obtenção do novilho precoce. In: **ENCONTRO NACIONAL SOBRE NOVILHO PRECOCE**, 1995, Campinas. **Anais...** Campinas: CATI, 1995. p.75-92.

BARBOSA, P.F.; ALENCAR, M.M. de. Sistema de cruzamento em bovinos de corte: estado da arte e necessidades de pesquisa. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 32., 1995, Brasília, **Anais...** Brasília: SBZ, 1995. p.681-683.

BENNETT, G.L. Alternative crossbreeding systems. In: **A SEMINAR ON APPLIED ANIMAL BREEDING**, 1989, Hastings, NE.

CUBAS, A.C.; PEROTTO, D.; ABRAHÃO, J.J.S. Desempenho ponderal de animais Nelore e cruzas com Nelore. II. Período pós-desmama. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 33., 1996, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. p.127-129.

MUNIZ, C.A.S.D.; QUEIROZ, S.A.; ALBUQUERQUE, L.G. Avaliação de características de crescimento de animais Nelore e seus cruzados. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 32., 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 1995. p.645-646.

NOTTER, D.R. The crossbred sire: theory. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.65, n.1, p.99-109, 1987.

OLIVEIRA, J.F.; SAUERESSIG, M.G. Pesos ao nascer e à desmama de bezerros de três grupos genéticos. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. p.118-120.

PEROTTO, D.; CUBAS, A.C.; ABRAHÃO, J.J.S. Desempenho ponderal de animais Nelore e cruzas com Nelore. I. Período pré-desmama. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. p.124-126.

TREMATORE, R.L.; ALENCAR, M.M.; OLIVEIRA, J.A.L. Pesos de bovinos nelores e cruzados Charolês-Nelore. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 32., 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 1995. p.618-620.