

Ferramentas e Estratégias para o Melhoramento Genético de Bovinos de Corte



ISSN 1982-5390

Setembro, 2009

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa de Pecuária dos Campos Sulbrasilieiros
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Documentos 83

Ferramentas e Estratégias para o Melhoramento Genético de Bovinos de Corte

Fernando Flores Cardoso

Embrapa Pecuária Sul
Bagé, RS
2009

Embrapa Pecuária Sul

BR 153, km 603 - Caixa Postal 242

96401-970 - Bagé, RS

Fone/Fax: (0XX53) 3240-4650

<http://www.cppsul.embrapa.br>

sac@cppsul.embrapa.br

Comitê Local de Publicações da Embrapa Pecuária Sul

Presidente: Naylor Bastiani Perez

Secretária-Executiva: Graciela Olivella Oliveira

Membros: Alexandre Costa Varella, Ana Maria Sastre Sacco, Eliara Freire Quincozes,
Graciela Olivella Oliveira, João Batista Beltrão Marques, Magda Vieira
Benavides, Naylor Bastiani Perez, Sérgio Silveira Gonzaga

Supervisor editorial: Comitê Local de Publicações - Embrapa Pecuária Sul

Revisor de Texto: Comitê Local de Publicações - Embrapa Pecuária Sul

Normalização bibliográfica: Graciela Olivella Oliveira

Tratamento de ilustrações: Tamile Padilha

Editoração eletrônica: Tamile Padilha

Foto da Capa: Kéke Barcellos

1ª edição online

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pecuária Sul

Cardoso, Fernando Flores

Ferramentas e estratégias para o melhoramento genético de
bovinos de corte / Fernando Flores Cardoso._ Bagé: Embrapa
Pecuária Sul, 2009.

(Embrapa Pecuária Sul. Documentos; 83).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso:

<http://www.cppsul.embrapa.br/unicidade/publicacoes:list/xxx>

Título da página da Web (acesso em 01 dez. 2009).

ISSN 1982-5390

1. Melhoramento genético animal. 2. Gado de corte. 3.
Bovinocultura. I. Título. II. Série.

CDD 636.2089

Autor

Fernando Flores Cardoso

Médico Veterinário, MSc., Ph.D, Pesquisador da
Embrapa Pecuária Sul, BR 153, Km 603, Caixa postal
242, Bagé/RS 96401-970,
fcardoso@cppsul.embrapa.br

Sumário

Introdução.....	6
1. Alguns conceitos básicos de genética	8
2. Ferramentas para o melhoramento genético	10
3. Estratégias para o melhoramento genético dos rebanhos	21
Referências	40
Anexo - endereços eletrônicos para consulta	42

Ferramentas e Estratégias para o Melhoramento Genético de Bovinos de Corte

Fernando Flores Cardoso

Introdução

O melhoramento genético é um instrumento de grande importância para a pecuária de corte, através do qual os criadores podem aumentar a eficiência de produção e a lucratividade de seus rebanhos, por meio de princípios genéticos. A criação de animais geneticamente superiores permite utilizar de maneira mais eficiente os recursos disponíveis.

A produção ou desempenho de um animal depende basicamente de dois fatores: da genética, ou seja, dos genes que o animal possui, e do ambiente de criação, incluindo alimentação, sanidade, manejo, etc. Assim temos que:

$$P = G + A + G * A$$

(P = produção; G = genética; A = ambiente, G*A = interação entre genética e ambiente).

Considerando estes dois principais fatores que afetam o desempenho dos animais, podemos aumentar a produtividade melhorando a qualidade genética (G) e melhorando o ambiente (A) de criação. Ambos os fatores são igualmente importantes e devem ser trabalhados em conjunto.

Por outro lado, a presença de interação G*A indica que os animais geneticamente superiores não serão necessariamente os mesmos em diferentes condições ambientais. Por exemplo, a melhor genética em ambientes adversos de criação está associada a fatores de adaptação e rusticidade, entretanto, animais com tais características não deverão ser os de melhor resposta nos ambientes mais favoráveis, que demandam genética altamente especializada e com grande potencial produtivo.

Deve-se salientar que não adianta possuir animais geneticamente superiores se a alimentação é pobre ou ter bons recursos alimentares se os animais são inferiores, pois em nenhum dos casos o resultado será satisfatório.

O melhoramento das condições ambientais pode produzir resultados mais expressivos em curto prazo, como, por exemplo, quando o produtor raciona um grupo de animais, mas, em geral, possui um custo mais elevado e não é permanente. Já o melhoramento genético, embora não tenha um ganho tão expressivo em um curto espaço de tempo, apresenta ganhos constantes, cumulativos e que não se perdem. Quando o criador melhora geneticamente seus animais o aumento de produtividade é permanente. Um rebanho de desempenho e qualidade superiores é um patrimônio para o criador e pode ser formado pelo melhoramento genético sem custos elevados e em qualquer nível de alimentação.

De forma geral, a estratégia mais sustentável é buscar animais com características genéticas compatíveis com o ambiente de criação que o criador possui, em vez de alterar o ambiente para atender as necessidades de animais não adaptados às condições locais.

Para o melhoramento genético, os dois princípios mais importantes são a seleção e os sistemas de acasalamento. A seleção tem por objetivo que os melhores animais sejam aqueles que deixam um maior número de filhos na próxima geração. Por outro lado, através dos sistemas de acasalamento é possível determinar como serão combinadas as características dos animais selecionados e planejar cruzamentos para explorar a heterose ou “vigor híbrido” e a complementaridade entre raças com características diferentes.

O objetivo deste texto é orientar os criadores de bovinos de corte para que, através da seleção e do acasalamento de seus animais, promovam o melhoramento genético de seus rebanhos e aumentem a produtividade de suas empresas rurais.

1 – Alguns conceitos básicos de genética

O objetivo desta seção é apresentar resumidamente alguns conceitos básicos de genética para facilitar o entendimento do texto subsequente. O leitor interessado em mais detalhes nesses conceitos poderá encontrá-los em livros de genética e melhoramento animal, como p. ex. Bourdon (2000), Falconer e Mackay (1996) e Lynch e Walsh (1998).

1.1. Gene, alelo, locus, cromossomo e marcador genético:

Os genes são as unidades fundamentais da hereditariedade, pois através destes são transmitidas as características de pais para filhos. Cada gene é formado por uma sequência específica de nucleotídeos do DNA (ácido desoxirribonucléico) que contém a informação para produzir uma determinada proteína ou controlar uma característica. Por alelo entende-se as várias formas alternativas do mesmo gene, enquanto que locus é o local fixo (posição) em um cromossomo onde está localizado determinado gene.

Os cromossomos consistem de uma longa sequência de DNA, que contém vários genes, e outras sequências de nucleotídeos com funções específicas nas células dos seres vivos. Os cromossomos, assim como os genes, existem aos pares nos bovinos.

Finalmente, marcador genético é uma porção de DNA que tem sequência e posição dentro do genoma conhecidas, possuindo ao menos dois alelos distintos (polimorfismo). Os marcadores genéticos são frequentemente usados para caracterizar a predisposição a doenças e os atributos produtivos e de qualidade dos animais.

1.2. Fenótipo e Genótipo:

O fenótipo é a produção ou aparência de um animal. É a expressão observada ou aquilo que medimos nas várias características dos animais. O fenótipo ou produção de um animal é influenciado pelo ambiente e pelas informações genéticas que ele possui. Como exemplo, podemos dizer que o fenótipo de um touro para peso ao sobreamo é de 300 kg aos 550 dias de idade.

A palavra genótipo pode ser empregada de diferentes formas - veja Bourdon (2000). Quando se refere ao genótipo de um animal, representa o conjunto de todos os seus genes – o seu potencial ou mérito genético – do qual seus descendentes receberão uma amostra aleatória. De forma mais geral, genótipo pode ser usado para referir grupos de animais de composição genética semelhante ou do mesmo

tipo biológico. Um exemplo é designar de "genótipos adaptados aos trópicos", aqueles grupos ou raças de animais que possuem combinações de genes favoráveis à tolerância ao calor, aos parasitas e à radiação solar. Finalmente, de forma muito mais específica, podemos referir como genótipo o par de alelos que o animal possui para um determinado gene, como veremos nos itens 1.3 e 1.4 a seguir.

O genótipo é fixado no momento em que o animal é gerado e não se altera durante toda a sua vida. Do ponto de vista do melhoramento genético, o foco é no genótipo em vez do fenótipo, pois sua progênie será exatamente a mesma, independente de quão bem ou mal o animal for alimentado. Veja que um touro que pese 300 kg aos 550 dias pode possuir e passar aos descendentes genes que lhes permitam pesar 550 kg na mesma idade, se a alimentação destes não for restrita.

1.3. Dominância e recessividade

Os alelos de um gene podem ser dominantes ou recessivos. Alelos dominantes se sobrepõem e mascaram os efeitos de alelos recessivos. Um exemplo de dominância ocorre na presença de chifres, e se acasarmos um touro mocho da raça Angus com vacas aspadas, a progênie será toda mocha. Neste caso, o caráter mocho é dominante e a presença de chifres é recessiva. Também em bovinos a pelagem preta é dominante sobre a pelagem vermelha.

Em alguns casos não existe dominância entre os alelos e seus efeitos se somam, produzindo progênies intermediárias. Na raça Shorthorn, se acasarmos um animal de pelagem vermelha com um de pelagem branca, a progênie será rosilha e, portanto, uma mescla das duas anteriores. Também a maior parte da variação genética em características quantitativas (pesos, ganhos de peso, perímetro escrotal, intervalo entre partos, etc.) é devida a efeitos aditivos de um grande número de genes.

Um exemplo de dominância é apresentado na Figura 1, onde (B) e (b) são usados, respectivamente, para representar o alelo dominante preto e o alelo recessivo vermelho. Um macho homocigoto preto (BB) é acasalado com uma fêmea vermelha homocigota (bb) para produzir progênie heterocigota (Bb) que será fenotipicamente preta. O acasalamento entre estes heterocigotos produzirá progênies pretas e vermelhas na proporção de 3:1.

1.4. Homocigotos e heterocigotos

Os animais podem ser homocigotos ou heterocigotos em relação ao par de alelos de um determinado gene. No exemplo da Figura 1, o macho preto (BB) e a fêmea vermelha (bb) são homocigotos em relação à pelagem, pois os alelos neste par são iguais. Por sua vez, a progênie

é heterozigota (Bb), pois os alelos do par são diferentes. O acasalamento entre homozigotos produz progênie uniforme, já o acasalamento entre heterozigotos produz uma gama de genótipos e fenótipos.

Usando o exemplo anterior, quando acasalamos entre homozigotos pretos (BB) ou vermelhos (bb) a progênie será toda uniforme, idêntica aos pais. Contudo, se homozigotos BB e bb são acasalados a progênie será toda heterozigota (Bb). O acasalamento entre heterozigotos pretos (Bb) produzirá animais pretos (BB - homozigotos e Bb - heterozigotos) e vermelhos (bb).

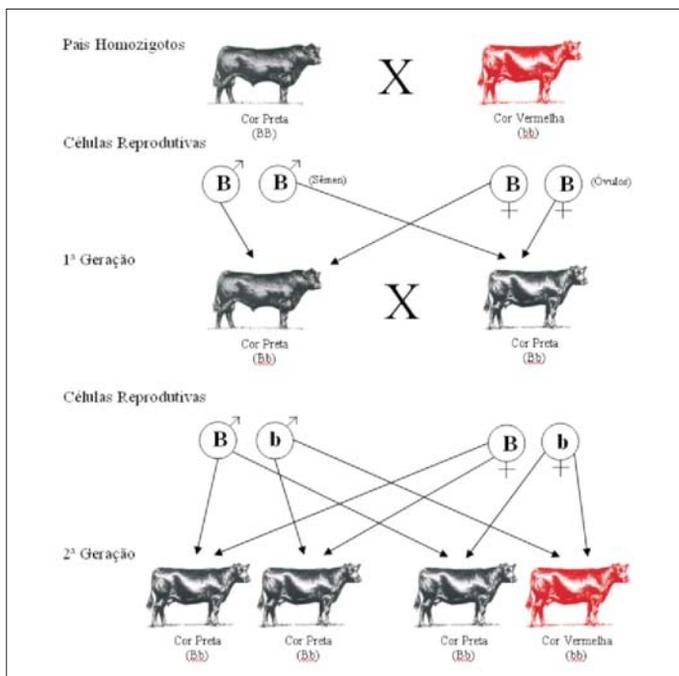


Fig. 1. Herança para cor da pelagem, preta (BB) ou vermelha (bb) em bovinos.

2 – Ferramentas para o melhoramento genético

2.1. Seleção

A seleção é o processo de decidir quais animais serão os pais da próxima geração. Se os animais mantidos ou adquiridos para a reprodução possuírem um "valor genético" superior ao dos

eliminados, o resultado será o melhoramento na qualidade genética do rebanho. O sucesso do processo seletivo depende de quão precisa é a decisão no momento de escolher os melhores animais e está diretamente associado à qualidade das informações usadas para a seleção. Não podemos observar diretamente o genótipo dos animais, assim a decisão deve se basear em informações de desempenho (fenótipo) do animal e de parentes, e na genealogia (pedigree).

O resultado da seleção, medido através do ganho genético no rebanho, depende de alguns fatores, considerados a seguir:

Em primeiro lugar, a característica selecionada tem que ser herdável, isto é, deve ser transmitida através dos genes de pais para filhos. O desempenho de uma característica (peso aos 205 dias, por exemplo) é afetado pelo ambiente e pelos genes, entretanto, só a parcela determinada pelos genes é herdável. A herdabilidade (h^2) mede quanto das diferenças entre os animais é devido a diferenças genéticas e, portanto, transmissível de pais a filhos. A herdabilidade pode ser expressa em percentagem, sendo que valores mais altos indicam uma maior transmissão da superioridade dos pais para a progênie. De uma maneira geral, em bovinos, características de reprodução (intervalo de partos, taxa de concepção, etc.) têm herdabilidade baixa, características de produção (pesos e ganho de peso) têm herdabilidade média e as de qualidade de produto (qualidade de carcaça e da carne) são altamente herdáveis.

O segundo fator a considerar é a média dos animais selecionados em relação à média da população, ou seja, o diferencial de seleção (DS). Quanto maior o diferencial de seleção, maior será o ganho genético. Por último, para prever o ganho anual, deve-se considerar o intervalo entre gerações (IEG), que é a idade média dos pais quando nascem os filhos.

Assim, se o peso ao sobreano dos pais está 50 kg acima da média da população, a herdabilidade é de 40% e o intervalo entre gerações de cinco anos, temos que:

$$GG = \frac{h^2 \times DS}{IEG} = \frac{0,40 \times 50}{5} = 4 \text{ kg/ano}$$

onde GG = ganho genético; h^2 = herdabilidade; DS = diferencial de seleção, e IEG = intervalo entre gerações.

O ganho genético por ano neste rebanho será de 4 kg a mais em peso ao sobreano.

Outro fator importante que se deve conhecer é a associação genética

entre características (correlação genética). Quando a correlação genética é positiva, ao selecionarmos por uma característica aumentamos também o desempenho em outra; entretanto, quando for negativa, ao melhorar o desempenho na característica selecionada, diminui-se o desempenho na característica correlacionada. Para planejar um programa de seleção devemos conhecer as associações genéticas entre as características consideradas, para avaliar as consequências do processo como um todo.

O objetivo da seleção é aumentar nos animais a frequência de genes que afetem positivamente as características de importância econômica, resultando em um aumento da produtividade do rebanho.

2.1.1. Fontes de informação para a seleção

2.1.1.1. Informações de Pedigree: Se os ancestrais, principalmente pai e mãe, possuírem registros de desempenho em características de alta herdabilidade, esta informação poderá ser utilizada para a seleção entre animais jovens que ainda não apresentam produção própria ou progênie. As informações de pedigree também podem ser usadas para características que são medidas mais tarde na vida do animal, como longevidade ou vida útil, ou ainda na seleção de características que são expressas no sexo oposto, como habilidade materna (buscar touros cujas mães tenham produzido animais com altos pesos à desmama). Informações obtidas pelo pedigree, contudo, são muito menos confiáveis e devem ser consideradas em conjunto com a produção do indivíduo e das suas progênies, assim que estas se tornarem disponíveis.

2.1.1.2. Desempenho do próprio indivíduo: O uso do desempenho próprio do indivíduo para estimar seu mérito genético ou de seus pais é particularmente útil para características de média e alta herdabilidade, tais como pesos e ganhos de peso em diferentes idades. São efetuados registros de desempenho, onde grupos de animais com idades similares são criados em condições uniformes e os indivíduos são comparados com o desempenho médio de seu grupo de contemporâneos.

2.1.1.3. Teste de progênie: Consiste na avaliação de um animal (normalmente um touro) através do desempenho dos filhos. É utilizado para selecionar por características de baixa herdabilidade, para características restritas a um sexo (produção de leite, idade ao primeiro cio, etc.), características medidas após o abate (dados de carcaça), e identificar portadores de genes recessivos indesejáveis. Tem alta exatidão, desde que um número suficiente de filhos seja considerado, entretanto, tem como desvantagens se restringir a um

número limitado de touros, ter custo elevado e demandar um tempo prolongado, aumentando o intervalo entre gerações.

2.1.1.4. Desempenho de Irmãos: O desempenho de irmãos é de valor quando não se pode medir a característica no reprodutor (p.ex. dados de carcaça) e tem a vantagem de não aumentar o intervalo entre gerações, como o teste de progênie, apresentando, no entanto, menor exatidão. Pode ser usado também em conjunto com o desempenho próprio para aumentar a precisão da seleção.

2.1.1.5. Seleção por DEPs: Atualmente os programas de melhoramento genético utilizam a DEP – Diferença Esperada na Progênie – para descrever o mérito genético dos animais. A DEP é calculada através de um modelo matemático que considera todas as informações disponíveis, incluindo o desempenho do próprio indivíduo, de seus parentes (pais, irmãos, primos, etc.) e de sua progênie para determinar o mérito genético de cada animal. É uma combinação de todos os métodos anteriores. A DEP tem a grande vantagem de permitir comparar diretamente todos os animais presentes na avaliação - touros pais, ventres e produtos ainda sem progênie - e também animais criados em anos, rebanhos e ambientes diferentes, aumentando a amplitude da escolha de candidatos à seleção. A DEP é o desempenho médio esperado dos filhos de um determinado reprodutor, em relação a uma base (média do rebanho, média de uma raça ou um determinado ano). É um valor positivo ou negativo em relação a esta base que é igualada a zero. Em geral, nas avaliações dentro de rebanho a base é a própria média do rebanho. Assim, os animais acima da média têm DEPs positivas e os abaixo, negativas. Já nos sumários de touros, normalmente a base é um ano de nascimento ou a média da raça. A Tabela 1 apresenta as DEPs de peso à desmama (PD) de dois touros A e B, e as médias de peso à desmama de seus filhos em dois rebanhos com diferentes médias para a característica.

TABELA 1: Diferença esperada na progênie (DEP), peso à desmama (PD) médio esperado da progênie e diferenças observadas para dois touros, quando usados em dois rebanhos com diferentes médias para a característica.

Touro	DEP PD, Kg	PD Médio da Progênie, Kg	
		Rebanho 1 - Média=150	Rebanho 2 - Média=200
A	+15	165	215
B	+5	155	205
Diferença	10	10	10

Note que a diferença entre as DEPs (10 Kg) dos touros A e B é a mesma diferença da média de peso de seus filhos, independente do valor desta média. O importante é avaliar a diferença e não o valor absoluto das DEPs quando se compara animais para a seleção, pois, como se nota, esta diferença permanece inalterada, independentemente do padrão zootécnico e do nível de melhoramento ambiental do rebanho onde seus filhos irão produzir.

2.1.1.6. Seleção assistida por marcadores: Apesar do sucesso obtido pela seleção baseada nas DEPs, especialmente nas características de produção, avanços no conhecimento em genética molecular e das ferramentas de biotecnologia nas últimas décadas têm demonstrado a existência de genes de efeito maior em características de interesse econômico, possibilitando o uso de marcadores genéticos ligados a esses genes como nova fonte de informação para incrementar os programas de seleção.

Muitas variações nos alelos de marcadores genéticos já foram associadas à predisposição a doenças e atributos produtivos e de qualidade dos animais. Desta forma, esses marcadores podem ser usados para antecipar a previsão (ou predição, em termos mais técnicos) do desempenho da progênie dos animais e identificar candidatos a pais da próxima geração pelo processo denominado como seleção assistida por marcadores (SAM). A informação dos marcadores genéticos está disponível a partir da concepção do indivíduo, permitindo a redução no intervalo entre gerações, e não requer medidas de desempenho, sendo particularmente útil na seleção para:

- Características limitadas a um sexo (p.ex. produção de leite, intervalo entre partos e qualidade de sêmen);
- Características medidas tardiamente na vida do animal ou que requerem o abate do indivíduo (p.ex. reprodutivas, qualidade de carcaça e carne); e
- Características de difícil mensuração (p.ex., resistência a doenças, eficiência alimentar etc.).

O avanço contínuo nas pesquisas tem proporcionado um número crescente de marcadores moleculares disponíveis comercialmente para serem utilizados pelos criadores nos seus programas de melhoramento animal. Já foram descritas várias dezenas de marcadores moleculares, incluindo características reprodutivas, ganho de peso, peso de carcaça, maciez da carne, marmoreio, eficiência alimentar em confinamento, produção de leite, resistência a parasitos, predisposição para doenças genéticas, entre outras.

Atualmente, os marcadores do tipo SNP, caracterizados pela alteração de uma única base na sequência do DNA, estão sendo genotipados em larga escala permitindo em um único teste avaliar mais de 50.000 marcadores. Espera-se, portanto, que nos próximos anos a crescente utilização de SAM venha a incrementar a precisão da seleção e o progresso genético, especialmente nas características reprodutivas, de adaptação, resistência a parasitas e de qualidade de produto, conseqüentemente incrementando a eficiência e a lucratividade do rebanho nacional de bovinos de corte.

Por outro lado, é preciso destacar que:

- A implementação de SAM deve ser necessariamente precedida pela validação do efeito do marcador na população alvo da seleção. Isso porque o marcador pode não estar associado ao mesmo gene ou forma do gene na população selecionada e na população onde foi descoberto; pode não existir variação para o gene em questão na população em que se pretende aplicar o marcador (todos os animais serem homocigotos para o mesmo alelo do marcador); podem haver interações com os demais genes da população alvo, alterando o efeito do marcador, e é importante considerar a possibilidade de interação com o ambiente.

- Quando se utiliza SAM, apenas alguns genes de efeito maior na variação de desempenho para a característica selecionada estão sendo considerados. Desta forma, a SAM deverá ser usada em conjunto com a avaliação tradicional por DEP, para se levar em conta na seleção também a variação devida aos muitos outros genes com efeitos menores, mas que também afetam o desempenho da característica. O máximo progresso genético será obtido por um equilíbrio adequado entre essas duas fontes de informação genética quantitativa e molecular.

2.1.2. Tipos de seleção

Após reunir as melhores informações das várias fontes disponíveis, como discutido na seção anterior, o próximo passo é utilizar estas informações para escolher os reprodutores através dos diferentes tipos de seleção.

Antes de iniciar o processo de seleção o criador deve determinar seus objetivos a médio e longo prazo, para poder assim escolher quais características deverão ser incluídas na seleção. O criador deve decidir com base nas carências de seu rebanho e na importância econômica que tem cada característica.

Este ponto é primordial, uma vez que quanto maior o número de características menor o progresso em cada uma delas individualmente.

A comparação entre animais pode ser feita com base na relação de desempenho do animal em comparação aos seus contemporâneos. É utilizada nos Controles de Desenvolvimento Ponderal (CDP) e pressupõe mesmo manejo e alimentação para os animais comparados. A média é igualada a 100, com animais superiores acima de 100 e inferiores abaixo.

Por exemplo, um tourinho com relação de peso 123 ao sobreano teve um desempenho 23% superior em relação aos seus contemporâneos no peso aos 550 dias.

Contudo, nos programas de melhoramento atuais, a comparação é feita principalmente através das DEPs, pois estas são mais seguras e exatas e podem comparar não somente animais de um mesmo grupo, mas todos os animais presentes na análise, independente de ano e estação de nascimento, manejo e alimentação, desde que os grupos possuam ligações genéticas (parentesco) entre si.

No processo de seleção o produtor tem algumas maneiras de atuação pelas quais pode optar. A primeira seria a de selecionar cada característica de uma vez até atingir o nível desejado, quando então passaria a outra característica e assim por diante. Este processo, chamado de seleção sequencial, funciona somente se as características forem independentes. Contudo, levando-se em conta que a maioria dos caracteres de importância econômica tem algum grau de associação genética e o “efeito gangorra”, ou seja, enquanto se melhora uma característica outra piora, a seleção sequencial se mostra o método menos efetivo e pouco utilizado.

Outra alternativa é a de utilizar níveis independentes de descarte, onde um desempenho específico é determinado como mínimo para cada característica e qualquer animal que não atinja o mínimo desejado em uma característica é eliminado. A desvantagem deste método é que animais muito bons para uma característica podem ser perdidos por não atingirem o nível mínimo em outra.

O tipo de seleção mais eficiente e mais utilizado atualmente são os índices de seleção. Nos programas de melhoramento genético, um índice de mérito genético total é calculado para ponderar várias características de acordo com suas importâncias econômicas, herdabilidades e correlações genéticas. A decisão de seleção é tomada com base no índice calculado para cada animal.

Na prática do melhoramento, os descartes devem ser realizados em diferentes fases da vida do animal, e como é muito difícil calcular índices para todas as fases, uma combinação de índices de seleção e descartes por níveis é utilizada na seleção.

Por exemplo, um criador pode selecionar seus animais através de um índice combinando ganho de peso e conformação na desmama e no sobreano, e ainda descartar fêmeas que produzam crias muito leves, abaixo de um mínimo determinado, e os tourinhos que não atinjam um perímetro escrotal mínimo ao sobreano.

2.2. Sistemas de acasalamento

Os sistemas de acasalamento são o segundo caminho, após a seleção, para realizar o melhoramento genético. Consistem na determinação de qual touro ou qual tipo de touro será acasalado com cada fêmea ou cada tipo de fêmea. Existem basicamente quatro diferentes sistemas para acasalar animais selecionados, entretanto nenhum deles individualmente é satisfatório para todas as situações e objetivos, podendo ser modificados, adaptados ou combinados de várias maneiras, segundo as necessidades particulares de cada rebanho.

O produtor pode optar por acasalamentos ao acaso dos animais selecionados, que é mais fácil e simples de ser realizado. Entretanto, neste caso, o criador deixa de utilizar uma ferramenta que pode contribuir significativamente para o aumento e a consistência de produção do seu rebanho.

2.2.1. Acasalamentos entre semelhantes: É o acasalamento de indivíduo que são semelhantes entre si em desempenho. Os melhores machos são acasalados com as melhores fêmeas e os piores machos com as piores fêmeas. É usado, em alguns casos, nas raças puras quando sêmen de alto valor é adquirido pelo criador para inseminar suas melhores vacas. Conduz a um aumento de indivíduos extremos. É utilizado na prática, quando um núcleo de animais relativamente pequeno é formado a partir de uma intensa seleção em uma população grande, com o objetivo de produzir reprodutores para serem usados no resto da população.

2.2.2. Acasalamentos compensatórios: São acasalamentos entre indivíduos de desempenhos diferentes entre si. Assim, um touro excepcional em uma característica é acasalado com uma fêmea deficiente neste particular. Tem finalidade de compensar deficiências e conduz a uma população homogênea. O criador pode, por exemplo, separar os touros e vacas de seu rebanho em dois grupos: um de porte grande e outro pequeno.

E a seguir, acasalar touros grandes com vacas pequenas e vacas grandes com touros menores para produzir uma progênie homogênea de tamanho médio.

2.2.3. Consanguinidade: É acasalamento de indivíduos que sejam parentes, ou seja, possuam ancestrais em comum, gerando filhos consanguíneos.

A consanguinidade foi largamente utilizada no início do desenvolvimento das raças para fixar o biótipo. O aumento da consanguinidade, apesar de produzir indivíduos mais uniformes, tem um efeito negativo na produtividade da população, e, principalmente, em características de fertilidade e rusticidade. Pelos seus efeitos negativos na produção, a consanguinidade deve ser evitada pelos criadores comerciais. O produtor deve procurar variar a origem genética dos touros que utiliza em seu rebanho, introduzindo frequentemente novas linhagens. Não basta comprar touros de diferentes fontes, é preciso saber se não são parentes entre si. Outra atenção que o criador deve ter é de não permitir que o touro venha a servir suas próprias filhas dentro da propriedade.

Algumas maneiras de evitar o problema são: não usar os touros por mais de três anos se o primeiro serviço das fêmeas for aos dois anos (ou quatro anos se o primeiro serviço for aos três anos) e não usar touros velhos em novilhas e vacas jovens.

2.2.4. Cruzamentos: É o acasalamento entre animais de raças diferentes. Sistemas de cruzamento podem e devem ser utilizados na produção comercial para capitalizar os benefícios do “vigor híbrido” e do uso das diferenças e complementaridade entre raças para produzir animais com desempenho superior em características de interesse econômico.

A heterose ou “vigor híbrido” é a diferença entre a média da progênie cruzada (F1) e a média das raças acasaladas para produzir as cruzas. A heterose tem efeito positivo na maioria das características de importância econômica em bovinos de corte, incluindo reprodução, sobrevivência de terneiros, habilidade materna, taxa de crescimento e longevidade. Isto significa que, em cruzamentos, a média das progênies será superior à média dos pais. Por exemplo, se um rebanho da raça Angus (AN) com peso médio de 170 kg ao desmame é acasalado com touros da raça Charolês (CH) com média de 190 kg, a média de desmame das cruzas F1 Angus x Charolês (ANCH), será superior aos 180 kg. Se os terneiros ANCH pesarem 200 kg a heterose será de 11,1%. A seguir é apresentado o cálculo da percentagem heterose para este exemplo:

$$\begin{aligned}
 \text{Heterose}(\%) &= \frac{ANCH - \frac{AN + CH}{2}}{\frac{AN + CH}{2}} \times 100 \\
 &= \frac{200 - \frac{170 + 190}{2}}{\frac{170 + 190}{2}} \times 100 \\
 &= \frac{200 - 180}{180} \times 100 = 11,1\%
 \end{aligned}$$

Além do benefício da heterose nos produtos (individual), existem os benefícios de utilizar vacas cruzadas (heterose materna), que tem efeitos ainda maiores no aumento de peso ao desmame. Também se observa que a heterose em cruzas de raças zebuínas (Nelore, Brahman, Guzará, etc.) com taurinas (Angus, Hereford, Charolês, etc.) é consideravelmente maior que entre diferentes raças taurinas.

Por outro lado, existem grandes diferenças entre raças para a maioria das características de importância econômica, incluindo taxa de crescimento, tamanho, composição de ganho, produção de leite, distocia, idade à puberdade, resistência a parasitas, e adaptação climática e nutricional. Para todas estas características existe um valor "ótimo", determinado pelo ambiente de produção e pelo mercado. Os cruzamentos permitem combinar nos animais cruzados características desejáveis de diferentes raças para adequar o potencial genético ao mercado, aos recursos alimentares e ao clima. A complementaridade entre raças também pode ser utilizada através dos cruzamentos para combinar efeitos de heterose materna e individual e utilizar diferenças entre raças para otimizar níveis de desempenho.

A caracterização de um grande número de raças de corte foi realizada no Centro de Pesquisa de Animais de Carne (MARC), maior unidade de pesquisa do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos em gado de corte, localizado em Clay Center, Nebraska - veja Gregory et al. (1999). Um resumo dos resultados deste trabalho é apresentado na Tabela 2, baseado em diferenças relativas representadas pelo número de cruzes (+ mais baixo, ++++++ mais alto) em taxa de crescimento e tamanho maduro, relação carne/gordura, idade à puberdade e produção de leite. As médias por grupo racial são apresentadas agrupadas em cinco tipos biológicos. Estes resultados podem servir como base na escolha de raças com características diversas, que sejam complementares, para os sistemas de cruzamento.

TABELA 2: Raças bovinas agrupadas em tipos biológicos por quatro critérios¹

Grupo racial	Taxa de crescimento e tamanho maduro	Relação carne/gordura	Idade à puberdade	Produção de leite
Hereford-Angus	+++	++	+++	++
Devon	++	++	+++	++
Shorthorn	+++	++	+++	+++
Brangus	+++	++	++++	++
Santa Gertrudis	+++	++	++++	++
Brahman	++++	+++	+++++	+++
Nelore	++++	+++	+++++	+++
Pardo Suíço	++++	++++	++	++++
Gelbvieh	++++	++++	++	++++
Simental	+++++	++++	+++	++++
Piedmontes	+++	+++++	++	++
Limousin	+++	+++++	++++	+
Charolês	+++++	+++++	++++	+
Chianina	+++++	+++++	++++	+

¹Aumentando o número de cruces (+) indica maiores valores relativamente. Adaptado de Cundiff e Gregory (1999).

Algumas constatações deste trabalho foram:

a) Raças com maiores pesos ao nascer e desmama (p. ex., Charolês, Chianina e Simental) têm maiores problemas de parto do que aquelas com menor potencial de crescimento. A sobrevivência de terneiros tende a ser menor naquelas raças que requerem mais assistência aos partos.

b) Raças classificadas entre as melhores para percentagem de cortes comerciais na carcaça pela maior relação carne/gordura (p. ex., Charolês, Limousin, Piemontês), tendem a ter menores níveis de marmoreio e são mais tardias para atingir o acabamento para o abate.

c) Novilhas filhas de touros de tamanho maduro grande (p. ex., Charolês e Chianina) tendem a ser mais velhas à puberdade (são mais tardias) do que novilhas filhas de touros de raças de menor tamanho maduro (Hereford, Angus). Entretanto, raças de tamanho maduro grande que foram selecionadas para a produção de leite (mistas)

atingem a puberdade mais cedo do que raças de tamanho maduro similar sem histórico de seleção para produção de leite (p. ex., Pardo Suíço, Gelbvieh, e Simental versus Charolês e Chianina). As raças de *Bos indicus* (Brahman, Nelore) são as mais tardias quanto à puberdade de novilhas.

d) Diferenças entre raças em peso ao desmame da progênie estão fortemente associadas ao potencial genético para crescimento e para produção de leite dos diferentes tipos biológicos.

Nesta tabela é importante destacar as características de cada grupo de raças (tipos biológicos). Dentro de cada tipo biológico, a opção por uma ou outra raça fica a cargo do criador e não será decisiva no sucesso do cruzamento.

Antes de iniciar um programa de cruzamentos, o criador deve analisar os recursos genéticos e ambientais disponíveis e o mercado que pretende atuar, para atingir os resultados esperados. Por exemplo, vacas de maior produção de leite têm maiores exigências nutricionais e, apesar de desmamarem bezerros mais pesados, podem falhar na reconcepção se a alimentação não for adequada. Ou ainda, cruza com touros de raças de maior crescimento até a desmama somente serão vantajosas se as vacas produzirem leite suficiente para manifestação deste potencial. Outro fator importante a considerar são os problemas de parto, principalmente ao cruzar raças de grande potencial de crescimento (grandes) com raças maternas pequenas. Neste caso, vacas adultas com dois ou mais partos são preferidas, devendo-se evitar o uso de novilhas.

3 – Estratégias para o melhoramento genético dos rebanhos

A seguir são apresentadas as principais estratégias pelas quais os produtores podem empregar ferramentas genéticas para aumentar a produção, eficiência e qualidade dos seus rebanhos. Essas estratégias são didaticamente apresentadas de forma individual, entretanto, cabe ressaltar que o maior benefício virá do seu uso conjunto, considerando as peculiaridades de cada rebanho, ambiente de criação e mercado.

3.1. Programas de controle de desempenho e avaliação genética:

São programas organizados por associações de criadores, instituições governamentais ou consórcios de empresas particulares com o

de reunir grupos de criadores e auxiliá-los na implantação e condução da seleção e melhoramento de seus rebanhos.

De um modo geral, os criadores se encarregam de realizar a parte de controle de reprodução e produção nas fazendas, e a equipe do programa fornece assessoria tecnológica e realiza as estimativas de mérito genético com base nos dados coletados. As associações oferecem técnicos para realizarem as pesagens e avaliações dos animais, que, em geral, ocorrem na desmama e ao sobreano. A Federação Americana de Melhoramento de Bovinos de Corte tem sido um marco referencial na estruturação e condução de programas de melhoramento genético (BEEF IMPROVEMENT FEDERATION, 1996). Existem diversos programas de melhoramento sendo conduzidos em nível nacional, como, por exemplo, o GENEPLUS da Embrapa Gado de Corte e Fundapam, o da Associação Nacional de Criadores e Produtores e USP, e os Programas conduzidos pelo Grupo GENSYS. Na Região Sul, estão entre os principais programas institucionais, o PROMEBO – Programa de Melhoramento de Bovinos de Carne, realizado pela Associação Nacional de Criadores “Herd Book Collares” e assessorado pela empresa GENSYS, e o PAMPAPLUS – Programa de Avaliação Genética das Raças Hereford e Braford, conduzido pela Associação Brasileira de Hereford e Braford, com o Programa GENEPLUS, da Embrapa Gado de Corte e Embrapa Pecuária Sul. Os endereços eletrônicos para consultas referentes às associações e aos programas de melhoramento citados estão disponíveis no anexo ao final deste documento.

3.1.1. Objetivos

O objetivo geral desses programas é aumentar a precisão de seleção nos rebanhos, garantindo que os animais escolhidos para a reprodução sejam realmente os de melhor desempenho em características herdáveis e de importância econômica. Existem, entretanto, objetivos específicos a cada programa e algumas diferenças na metodologia empregada e nas características avaliadas em cada caso. Entre os objetivos específicos identificados nesses programas estão os seguintes:

- Dar suporte ao produtor na utilização e melhoramento dos seus recursos genéticos;
- Proceder à avaliação de reprodutores, matrizes e animais jovens das diferentes raças, para características de desempenhos produtivos e reprodutivos, visando maior produção de quilogramas de carne por hectare, em determinado tempo e com menores custos;

? Disponibilizar informações e ferramentas de suporte para uma escolha mais precisa de animais com boa eficiência reprodutiva, bom ganho de peso, boa precocidade sexual e de acabamento, além de adequado desenvolvimento muscular e estrutura;

- Fornecer estimativas do valor genético dos animais (avaliação genética), sob a forma de diferenças esperadas nas progênies (DEPs);

- Possibilitar ao produtor a utilização de animais de genética superior e ofertar ao mercado genética de qualidade comprovada.

3.1.2. Considerações gerais para participar dos programas

Para participar o criador deverá ser associado a uma associação de raça ou contratar os serviços de empresa especializada, identificar o rebanho ou núcleo a ser melhorado, realizar os controles na fazenda e as medidas e avaliações através de um avaliador capacitado.

Duas considerações são importantes:

- Todos os animais do rebanho ou núcleo em controle devem participar da avaliação, sem haver pré-seleção dos animais dentro deste. Um dos objetivos é justamente indicar aos criadores quais os melhores animais, portanto, se são inscritos apenas um grupo “dos melhores”, já selecionados pelo produtor, diminuirá substancialmente a eficiência do trabalho; e,

- Os animais devem ser criados nas condições normais de cada estabelecimento, portanto, sendo avaliados no mesmo tipo de ambiente que seus futuros filhos irão produzir.

3.1.3. Requisitos para um sistema de registros de desempenho eficaz

Para que o criador alcance o resultado esperado, deve manter um sistema de coleta de dados com a maior precisão possível. Para tal, alguns requisitos são importantes:

? Identificação animal: todos os animais devem possuir identificação única e definitiva. Em um mesmo rebanho não pode haver dois animais com o mesmo número;

- Balança individual (eletrônica ou mecânica) com bom nível de precisão, preferentemente de pelo menos 1 kg;

- Controle reprodutivo: registros de inseminação e monta, para determinação de paternidade;
- Controle de nascimentos: anotação da data de nascimento, identificação e sexo do terneiro, e do número de sua mãe;
- Pesagens e avaliações na desmama e ao sobreano, por avaliador capacitado.

3.1.4. Metodologia de avaliação genética

Dois passos fundamentais estão envolvidos no processamento dos dados de pedigree e desempenho para o cálculo do valor genético dos animais incluídos nesses programas:

- *Análise de consistência dos dados:* Para a composição do conjunto de dados a ser utilizado no cálculo dos valores genéticos é realizada uma análise crítica das amostras coletadas, visando a identificação e tratamento de dados muito discrepantes e de possíveis erros na coleta dos mesmos.

- *Avaliação genética:* Para a análise genética e cálculo do mérito individual dos animais, em geral, é utilizada a Metodologia de Modelos Mistos (HENDERSON, 1953), sendo adotado o modelo animal, considerando características múltiplas. Este modelo utiliza as informações de parentesco e desempenho dos animais para calcular o seu valor genético, analisando conjuntamente o desempenho próprio, de seus pais e de todos os seus parentes no pedigree. Além disso, são considerados os efeitos ambientais, inclusive de manejo, aos quais estes animais foram submetidos e as características da população, através de seus parâmetros genéticos. Isso permite comparar diretamente os valores genéticos de todos os animais incluídos na avaliação, mesmo que criados em rebanhos e ambientes diferentes, e também de diferentes gerações. Nas análises, o peso à desmama é utilizado com característica âncora e todas as demais características são avaliadas em conjunto com esse peso, o que, através das correlações genéticas, permite aumentar a precisão das avaliações, especialmente nas características limitadas a um determinado sexo (p. ex., perímetro escrotal e idade ao primeiro parto) e que não são medidas em todos os animais (p. ex., as avaliadas ao sobreano em um grupo que já foi pré-selecionado na fase de desmama).

3.1.5. Importância do Grupo Contemporâneo

As diferenças observadas no desempenho dos animais nas

características de interesse econômico são devidas não somente a variações do potencial genético, mas também do ambiente de criação experimentado. O grupo contemporâneo é a unidade básica de comparação de desempenho, dentro do qual é considerado que todos os animais tiveram as mesmas condições ambientais para produzir. São considerados em um mesmo grupo contemporâneo animais de mesma raça, rebanho, ano e estação de nascimento, sexo e que tenham sido criados em um mesmo regime alimentar e grupo de manejo, com diferença de idade no grupo inferior a 90 dias.

A definição adequada desses grupos é essencial para a qualidade das avaliações genéticas e, dentre os aspectos envolvidos, a indicação do regime alimentar e a formação do grupo de manejo são os itens mais críticos. O regime alimentar define de forma ampla os principais sistemas alimentares utilizados, por exemplo, campo natural, campo melhorado, pastagem, suplementado, estabulado, etc.

A definição de grupos de manejo é um complemento indispensável ao regime alimentar. Grupos de manejo devem ser usados para informar diferenças de manejo ou de ambiente dentro de um mesmo regime alimentar. Por exemplo, se temos todos os bezerros em campo natural, mas foi realizado desmame temporário em parte dos animais, necessariamente os animais com e sem desmame temporário devem pertencer a grupos de manejo distintos. Outros exemplos para formar grupos de manejo são diferenças de aporte alimentar em um mesmo regime, seja pela quantidade ou qualidade do alimento, lotação ou oferta forrageira. Dessa forma, o próprio criador é a pessoa mais capacitada para definir os vários grupos de manejos existentes na propriedade.

DICAS

- Procurar formar grupos de manejo o maior possível, para aumentar a unidade básica de comparação.
- Potreiro pode ser usado como grupo de manejo. Neste caso, é desejável colocar em um mesmo potreiro animais de mesmo sexo e idade similar, para evitar que se formem grupos muito pequenos.
- Usar grupos de manejo distintos para identificar animais que tiveram doenças, ferimentos ou tratamento preferencial (por exemplo, animais que são racionados para exposição), mesmo que estes sejam grupos de poucos animais.

3.1.6. Características avaliadas

Existe alguma variação entre as características avaliadas pelos diferentes programas. A seguir são listadas as principais características consideradas agrupadas de acordo com seu propósito de avaliação:

- Ponderais: são as relacionadas ao crescimento dos animais e as taxas de acúmulo de peso. Entre elas incluímos os pesos ao nascer, desmama e sobreano, o peso adulto das vacas, os ganhos de peso em diferentes idades, e os dias para atingir determinado peso.

- Carcaça: pesos e rendimentos de carcaça, área de olho de lombo, gordura de cobertura, marmoreio e maciez, estão diretamente relacionadas com a produção e a qualidade da carne, mas exigem, para serem medidas diretamente, que o animal seja abatido. Portanto, reprodutores somente podem ser avaliados em testes de progênie. A alternativa mais utilizada nos programas são as medidas por ultrassonografia de área de olho de lombo, espessura de gordura de cobertura e marmoreio no animal vivo, permitindo a avaliação do desempenho próprio para os candidatos a seleção.

- Escores visuais: são avaliações feitas através de notas, para estimar a composição do ganho de peso dos animais e outros aspectos difíceis ou muito caros para serem medidos objetivamente. Estão entre essas características: a conformação ou estrutura, que é avaliada pela presença de massas musculares e quantidade total estimada de carne na carcaça, além da estrutura física e aprumos; a precocidade de terminação, que é a capacidade ou grau de deposição precoce de gordura, buscando-se animais que atinjam a terminação (acabamento para o abate) mais cedo; a musculatura, avaliada pelo grau de desenvolvimento da massa muscular observado em pontos como o antebraço, a perna, a paleta, o lombo, a garupa e, principalmente, a largura e profundidade dos quartos traseiros; o tamanho, que compreende o comprimento e a altura do animal; a estatura, que estima a altura do animal; a condição corporal ou estado corporal; e o tamanho do umbigo, que é o comprimento da prega umbilical. A escala de escores, em geral, varia de 1 a 5 (ou 6), sendo 5 (ou 6) o grau máximo de expressão da característica. Também podem ser avaliadas por escores visuais características raciais, de pigmentação ocular, sexuais secundárias, pelame e aprumos.

- Medidas biométricas: incluem as medidas de altura na garupa (ou "Frame"), comprimento, perímetro torácico, comprimento do osso metatarsiano, etc.

- Reprodutivas: Têm por finalidade melhorar geneticamente as taxas

reprodutivas e, conseqüentemente, o número de animais gerados. São exemplos: idade ao primeiro parto, intervalo de partos, perímetro escrotal, dias para parir, taxa de prenhez de novilhas, etc.

- Adaptação: São características utilizadas para verificar a rusticidade dos animais. Incluem, entre outros, a resistência a endo e ectoparasitas (contagens de ovos por gramas de fezes e de carrapatos), taxas de sudação e respiração no estresse do calor e número e comprimento dos pêlos.

3.1.7. Fases de avaliação

Os animais são avaliados à desmama e ao sobreano, quando é feita a avaliação final. Os animais nascidos na primavera são avaliados no outono, tanto na desmama quanto sobreano. A avaliação de sobreano dos animais nascidos no outono é por vezes antecipada para um ano de idade para ser realizada antes do inverno no sul do Brasil ou seca no Brasil central.

3.1.8. Relatórios de avaliação genética

Os relatórios contêm o resultado do trabalho do programa de melhoramento genético. O objetivo primordial dos relatórios é a seleção e direcionamento dos acasalamentos dentro do rebanho. Não basta simplesmente participar de um programa de melhoramento, o progresso genético vem do efetivo uso das informações para, por exemplo:

- Identificar candidatos a touro, melhores novilhas para a reposição, melhores touros pais utilizados - através do desempenho de suas progênes - e vacas de melhor eficiência reprodutiva e maior capacidade em desmamar terneiros pesados;
- Otimização dos acasalamentos de seus ventres com touros em monta a campo ou programas de inseminação artificial pela restrição da endogamia e maximização do ganho genético nas características de importância econômica;
- Restrição de ganho genético em características indesejáveis;
- Seleção e acasalamento de vacas em programas de transferência de embriões ou fertilização in vitro de embriões (FIV), garantindo maior variabilidade genética pela minimização da consanguinidade nos acasalamentos; e

- Otimização na condução do cruzamento para formação de raças compostas (Brangus, Braford, Canchim, etc.), pela maximização da genética aditiva e não da heterose.

Um segundo objetivo, também importante, é a utilização das DEPs no momento da venda dos animais, como especificação da qualidade dos mesmos.

Esses relatórios podem ser impressos ou disponibilizados em software interativo. No caso do GENEPLUS, os resultados são enviados em um programa computacional contendo um módulo de apresentação dos resultados da avaliação genética dos animais, um de avaliação de acasalamento e um apresentando as tendências e médias do rebanho.

No módulo de Apresentação de Resultados, o criador recebe as avaliações de todos os touros avaliados pelo programa, independentemente se são usados na propriedade, e de suas matrizes e produtos, para cada característica avaliada, podendo fazer a classificação pela característica que desejar. Além da classificação dos animais dentro do rebanho, tem-se a comparação do animal com todos os animais avaliados pelo programa, informando ao criador se seu animal está, por exemplo, entre os cinco, dez ou 80% melhores.

O módulo Tendências e Médias permite ao criador observar a evolução genética do seu rebanho ao longo dos anos, comparando-os com as médias gerais do programa, e verificar quais são as características que devem ser melhoradas.

Essas informações permitem ao criador compor um índice específico para o seu rebanho, de forma a orientá-lo na escolha dos touros a serem utilizados em suas matrizes e, através do módulo de Acasalamento, direcionar estes acasalamentos para otimizar o desempenho nas características mais relevantes e controlar a consanguinidade.

3.1.9. Dicas para seleção dentro de rebanho

3.1.9.1. Rebanhos selecionadores – Produtores de touros: Os produtores de touros têm um papel fundamental na difusão de genética superior e melhoramento da população como um todo. Devem manter registros de desempenho de todo o rebanho ou núcleo selecionado e participar de um programa de melhoramento genético para garantir a qualidade dos animais produzidos.

Quanto maior o tamanho do rebanho, maior o ganho genético.

Rebanhos pequenos (menos de 100 vacas) devem procurar se organizar em grupos para aumentar a base genética selecionada. O rebanho base ou núcleo deve ser formado por animais de melhor desempenho disponíveis.

A taxa de reposição deve atingir um balanço entre a inclusão de animais jovens com desempenho promissor e a manutenção de reprodutores provados mais velhos, que minimize o intervalo entre gerações. Touros devem ser usados por dois a três anos, com reposição anual dos mais velhos pelos melhores touros jovens produzidos. Alguns touros de outros rebanhos devem ser incorporados eventualmente para evitar o aumento da consanguinidade. A inseminação artificial deve ser usada, pois permite acelerar o ganho genético pelo uso de touros comprovadamente de alto valor genético.

Aproximadamente 20% das vacas devem ser renovadas a cada ano, pelas melhores novilhas selecionadas. É natural no processo de melhoramento genético que as gerações mais novas tenham um valor genético médio superior e, portanto, as novilhas de reposição serão superiores geneticamente às vacas descartadas. Os descartes das vacas podem ser feitos por idade, habilidade materna e eficiência reprodutiva ou simplesmente por um índice de seleção, caso o rebanho esteja engajado em um programa de melhoramento genético. As novilhas devem entrar em reprodução o mais cedo possível, desde que tenham atingido ao redor de 65% do peso adulto das vacas, e vacas velhas devem ser descartadas, pois tendem a produzir terneiros mais leves. Se as condições de alimentação forem adequadas e as taxas reprodutivas elevadas, as matrizes vazias no diagnóstico de gestação podem ser todas descartadas; entretanto, esta decisão é mais relacionada à eficiência econômica pelo descarte de fêmeas subfêrteis do que ao melhoramento genético para eficiência reprodutiva, uma vez que a herdabilidade ou transmissão genética para as filhas da taxa de prenhez é bastante baixa. Deve ser usado um acesso de 25% de novilhas de reposição, pois se algumas falharem, assim mesmo se manterá o tamanho do rebanho (para repor 20% de vacas usar 25% de novilhas), e o período de acasalamento deve ser de três meses ou menos, para permitir uma produção de bezerros uniforme. Montas controladas ou com reprodutor único devem ser adotadas para determinação correta de paternidade, o que também contribui para acelerar o ganho genético do rebanho.

Todos os animais devem ser mantidos inteiros até o desmame e em condições de manejo similar para comparação de desempenho. Na desmama, todos os bezerros devem ser avaliados. As 10% piores vacas em habilidade materna devem ser descartadas, nesta fase. O maior número de tourinhos possível deve ser mantido para o teste pós-desmama. Entretanto, por questões de manejo, o descarte de uma

parcela dos machos, com base no relatório de avaliação genética, pode ser necessário. Todos os animais mantidos devem ser avaliados ao sobreano. Com base no relatório de avaliação genética, selecionam-se as novilhas necessárias para repor o descarte de ventres. Touros de mais alto desempenho (DEPs ou índices) são selecionados para reposição e o restante é vendido. Para assegurar que todos os touros vendidos sejam melhoradores, os 50% superiores, no máximo, do grupo testado devem ser ofertados à venda.

3.1.9.2. Rebanhos comerciais – Compradores de touros: Os rebanhos que não estão em condições de registrar desempenho e produzir seus próprios touros são dependentes da qualidade dos touros comprados e da intensidade de seleção realizada nas fêmeas para realizar o progresso genético.

A qualidade dos touros é de longe o fator mais importante e é discutido no item 3.3. Para aumentar a fertilidade do rebanho, aumentar a taxa de ganho e reduzir a taxa de consanguinidade, os touros devem ser substituídos após quatro anos de uso.

O período de monta deverá ser de três meses para aumentar a precisão de seleção. A seleção de novilhas dependerá do nível de informação e recursos disponíveis. Se há balança disponível, as novilhas de idade similar devem ser pesadas e selecionadas pelo seu desenvolvimento. Entre as novilhas de bom desenvolvimento, aquelas de melhor conformação devem ser preferidas. Caso não seja possível pesar as novilhas, uma avaliação visual de tamanho, taxa de crescimento e conformação deverá ser realizada. Um excesso de novilhas deve ser posto em reprodução, para permitir descartes.

Todas as novilhas que não ficarem prenhes no primeiro acasalamento devem ser descartadas, assim como todas as vacas que estiverem vazias por duas estações consecutivas ou não. O descarte de todas as vacas vazias no diagnóstico de gestação é uma prática bastante recomendável do ponto de vista de seleção e econômico, pois se elimina animais subfértéis ou improdutivos. Evita-se também que a vaca permaneça um longo período na propriedade, com todos os custos de manutenção, sem produzir. Neste caso, o rebanho deverá ter 70% ou mais de natalidade, para que a reposição seja suficiente para repor todos os ventres eliminados.

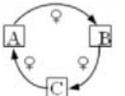
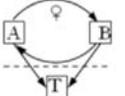
Nas vacas com cria ao pé, os piores produtos, dentro de cada sexo, identificam as vacas de pior habilidade materna para serem descartadas. Vacas velhas tendem a desmamar terneiros mais leves e devem ser eliminadas quando atingem determinada idade ou quando estiverem com os dentes gastos.

Os procedimentos descritos acima para a seleção de novilhas e vacas são satisfatórios, mas estão sujeitos a erros e são bem menos precisos que os registros de desempenho. Os criadores comerciais, uma vez que possuam a estrutura necessária, podem participar de programas de melhoramento e aumentar assim a precisão e segurança na seleção de suas fêmeas.

3.2. Programas de cruzamento sistemático

Os programas de cruzamento são a estratégia a ser adotada para capitalizar os benefícios da heterose, das diferenças e da complementaridade entre raças. Os principais sistemas de cruzamentos são descritos a seguir, e estão esquematizados na Tabela 3.

TABELA 3: Uso da heterose, diferenças entre raças e complementaridade, em diferentes sistemas de cruzamento.

Sistema de cruzamento	Heterose	Diferenças entre raças	Complementaridade	Peso ao desmame por vaca acasalada
Terminal 	+	+	++	5,0%
Rotacional (três raças) 	++++	++	0	20,0%
Rotacional com touro terminal 	++++	++	+++	20,8%
Sintético ou composto 	++	+++	0	17,5%
Composto com touro terminal 	+++	+++	+++	21,0%

* Aumentando o número de cruces (+) indica maior utilização dos benefícios dos fatores que afetam o resultado dos cruzamentos. Adaptado de Cundiff e Gregory (1999).

A opção pelo tipo de cruzamento deve ser cuidadosa e tem grande importância para o sucesso do programa, já que existem diferenças importantes em nível de complexidade de manejo exigida e no resultado esperado entre sistemas de cruzamento.

3.2.1. Cruzamento terminal: Consiste no cruzamento de duas raças, uma materna (A) e outra terminal (T), produzindo híbridos AT, que são todos comercializados para o abate. A raça A é o rebanho base, que deve ser bem adaptado e de boa habilidade materna. Pelo menos 50% das fêmeas devem ser servidas com touros da própria raça A para produzir fêmeas de reposição. A raça T deverá ser de grande crescimento e qualidade de carcaça. A grande vantagem do sistema é a simplicidade, só requerendo dois poteiros para reprodução. As desvantagens consistem em não usar a fêmea cruzada (heterose materna) e que 50% dos machos para venda são puros (filhos de touros A – sem heterose). Pode-se esperar um incremento médio de 5% no peso ao desmame pelo uso da raça terminal.

3.2.2. Cruzamentos rotativos: Neste caso, usam-se dois rebanhos: um se acasala com touros da raça A e outro com touros da raça B. A reposição que se origina em um rebanho é destinada ao outro (filhas de A se acasalam com B e filhas de B com A). A heterose média estabiliza em 67% daquela obtida na F1. Se este sistema é praticado com três raças, o nível de heterose situa-se em 86% da F1 C x AB. O sistema exige um manejo mais complexo, pois no caso de três raças são formados três grupos reprodutivos, necessitando desta forma de no mínimo três poteiros, e teremos na propriedade touros de três raças diferentes. Outra desvantagem é que se as raças têm características diferentes existe uma flutuação de desempenho entre os rodeios. Por outro lado, se usarmos raças semelhantes, perde-se o benefício da complementaridade. O sistema mantém bons níveis de heterose e o aumento médio estimado em peso de terneiro ao desmame é de 15% para o caso de duas raças e 20% com três raças.

Uma forma de simplificação deste sistema são os sistemas circulares, onde o rebanho de cria se cruza com a raça A por três ou quatro anos, ao fim dos quais se substituem por touros de outra raça (B). Estes serão também usados por um número de anos e depois substituídos por touros A ou de uma terceira raça (C), e assim sucessivamente. Este sistema também mantém altos níveis de heterose (55-73%), apresentando como desvantagem a variação entre gerações. O manejo é muito simples, mas a reposição simultânea de todos os touros pode ser um inconveniente.

3.2.3. Sistema rotativo-terminal: É uma combinação de um sistema rotativo com a utilização de uma terceira raça terminal. Duas raças maternas, A e B, são cruzadas entre si para produzir fêmeas AB que logo se cruzarão com uma raça terminal. Ao redor de 50% das fêmeas se acasalam com touros A e B (de forma recíproca – filhas de touros A com B e vice-versa) para produzir a reposição, utilizando-se normalmente as fêmeas de primeiro, segundo e algumas de terceiro acasalamento. O restante das fêmeas é acasalado com um touro terminal. Este sistema combina alto nível de heterose do sistema rotativo e complementaridade da raça terminal. Um exemplo seria o uso de Red Angus e Devon como raças maternas, em forma rotativa e Hereford ou Charolês como raça terminal.

3.2.4. Raças sintéticas ou compostas: A formação de raças sintéticas ou compostas é uma alternativa para evitar os problemas de manejos originados nos sistemas de cruzamento. Estas são formadas pelo acasalamento de múltiplas raças até se atingir uma proporção determinada, a partir da qual os animais são acasalados entre si e manejados como uma raça pura. Alguns exemplos são o Braford, Brangus, Santa Gertrudis, Canchim, Beef Master, Stabilizer, etc.

As raças compostas permitem usar altos níveis de heterose em uma base contínua e são mais efetivas no uso de diferenças entre raças, mas não da complementaridade entre genótipo materno e da sua cria (individual). Ocorre uma perda de heterose entre a geração F1 e F2, quando animais cruzados são acasalados entre si. Entretanto, nas gerações subsequentes a heterose se mantém constante e será proporcional ao número e às diferenças entre as raças usadas na formação da raça composta. Raças com características diferentes são combinadas nos animais compostos, para alcançar e manter níveis ótimos de desempenho nas características de maior importância econômica (crescimento e tamanho, composição do ganho, produção de leite, adaptação climática e nutritiva e idade à puberdade). Por exemplo, Braford e Brangus são compostos ou sintéticos formados por 3/8 zebu e 5/8 britânico (Hereford e Angus, respectivamente). Além da heterose, estes animais têm a vantagem de combinar a rusticidade e fertilidade do zebuíno com a precocidade sexual e a qualidade da carne das raças britânicas, que faltam ao zebuíno.

3.3. Aquisição de reprodutores superiores: Cerca de 80% do melhoramento genético dentro de um rebanho é obtido pelo uso de touros melhoradores, principalmente devido ao grande número de filhos que um reprodutor deixa na propriedade. Portanto, uma avaliação sólida e objetiva dos touros é de máxima importância se o criador quiser realizar melhoramento em seu rebanho.

Entretanto, um passo fundamental antes de escolher os touros a serem usados, é identificar quais são os objetivos de sua produção em gado de corte a médio e longo prazo, através do correto diagnóstico de seu rebanho, ambiente de produção e das demandas de mercado e, a partir destas informações, definir quais características devem ser melhoradas. Com esta definição, o produtor deverá escolher touros que se destaquem justamente nas características que mais precisam ser melhoradas em seu rebanho, mas que preferentemente mantenham também um valor genético equilibrado para as demais características de importância econômica.

Os principais pontos a considerar no momento da aquisição de touros são descritos a seguir:

3.3.1. Mérito genético dos touros: A forma mais precisa de avaliar o mérito genético dos touros é através da **DEP - diferença esperada na progênie**, que como explicado no item 2.1.1.5., é o que se espera que os filhos de cada touro produzam em cada uma das características avaliadas em relação a um valor base para sua raça. Essa DEP é expressa na unidade de medição da característica (p.ex., em Kg para peso), apresentando uma diferença positiva (+) ou negativa (-) em relação à base.

A cada DEP está associada uma acurácia, que é uma medida da confiança que pode ser depositada na DEP. Uma acurácia próxima de 1 ou 100% indica maior confiabilidade.

Para facilitar a escolha, os touros são classificados pelas suas DEPs em percentis (%), onde um touro 5% está entre os 5% melhores para a característica em questão. Alternativamente, os touros pode ser classificados em decas, que são classes de 10% para as características avaliadas, assim touros “deca 1” estão entre os 10% superiores (ou 10% dos touros com valor mais alto para a característica), touros “deca 2” entre os 20% superiores, etc.

3.3.1.1. Sumários de Touros: São relatórios que contêm o valor genético dos reprodutores usados como pais, em programas de melhoramento genético, calculados com base no desempenho de sua progênie. Estes relatórios são a informação mais segura disponível para a escolha de touros a serem usados em inseminação artificial e em monta controlada, para o melhoramento dos plantéis de animais puros ou para cruzamentos industriais.

Existem vários sumários disponíveis. Para raças de origem europeia, atualmente, o sumário com chancela do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento é publicado pela Associação Nacional de Criadores Herd-Book Collares. As avaliações são feitas individualmente para cada raça, sendo publicadas anualmente. As raças avaliadas são Angus, Braford, Charolês, Devon, Hereford e Shorthorn.

Já para raças zebuínas de corte, o sumário oficial é o produzido pela Associação Brasileira de Criadores de Zebu em parceria com a Embrapa Gado de Corte, tendo avaliações publicadas para as raças Brahman, Gir, Guzerá, Indubrasil, Nelore e Tabapuã.

Seguem algumas dicas de como usar DEPs na escolha de touros:

- Compare dois touros somente pela diferença entre suas DEPs e não pelo valor absoluto das DEPs, pois o que realmente importa é a diferença entre os touros;

- As DEPs somente são comparáveis dentro de um mesmo sumário – não compare DEPs entre sumários ou entre raças dentro de um mesmo sumário;

- As DEPs podem mudar à medida que mais informações estão disponíveis sobre a progênie dos touros – use os sumários mais atuais possíveis;

- A acurácia não deve ser usada como fator de escolha de touros, pois touros jovens têm baixa acurácia (poucos filhos), mas devem ser usados, pois suas DEPs em média serão melhores que as dos touros provados. Entretanto, a acurácia deve determinar a intensidade de uso, avaliando-se a produção dos touros jovens, antes de utilizá-los em larga escala no rebanho;

- Sumários Americanos e Canadenses devem ser usados com cautela, pois o ambiente de criação é bastante diferente nestes países. As DEPs são expressas em libras e as médias dos touros ativos têm valores bastante altos.

3.3.2. Registro genealógico: Os registros genealógicos são um atestado de pureza racial, mas têm valor limitado para descrever e comparar o valor genético dos animais se não estiverem acompanhados de dados de desempenho. De forma geral, os bovinos são registrados como puros de pedigree ou de origem (PO) e puros controlados ou por cruzamento (PC). Estes certificados de pedigree têm grande utilidade no controle da consanguinidade, pois animais consanguíneos têm produtividade e vigor diminuídos, mas um produtor comercial deve comprar os melhores touros disponíveis independente de “status” de registro. Por outro lado, pelos regulamentos das associações de raça, ventres registrados somente podem ser cobertos por touros registrados na mesma categoria ou superior, para terem sua progênie registrada.

Em termos de capacidade de produção de carne, a progênie de touros comerciais PC pode ser tão boa quanto a de touros PO. Em geral, touros PO são melhor alimentados e recebem um melhor “penteadado” do que touros comerciais. Eles aparentam ser melhores e, portanto, muitas vezes os criadores pagam mais pela embalagem, mas isto não afetará a produção de sua progênie.

Como salientado no item 3.3.1, a melhor maneira de comparar os touros é pelos dados de desempenho, assim podemos eleger o melhor touro independente de categoria de registro. A **dupla marca** é usada pelas associações de raça como um atestado de superioridade genética. Dentro das raças, os touros recebem uma marca que certifica a pureza racial do reprodutor, e aqueles que participam de um programa de melhoramento genético oficial e se situam entre os elite e superiores recebem dupla marca. Assim, por exemplo, touros **PP** são PO e estão entre os melhores de sua safra. O mesmo serve para touros PC, sendo que as marcas variam conforme a raça: CACA são os melhores no Angus, **HH** no Hereford, **DD** no Devon, e assim por diante. Já um touro com marca **H** simples é um touro Hereford que está abaixo dos 30% superiores ou que não possui avaliação genética.

Ainda existem programas independentes de melhoramento que produzem também touros de qualidade superior, alguns deles sem registro genealógico, mas com um Certificado Especial de Identificação e Performance fornecido pelo Ministério da Agricultura. Por outro lado, os touros sem registro e que são oriundos de rebanhos que produzem animais registrados, somente devem ser adquiridos se tiverem dados de desempenho superior, pois normalmente serão animais de refugo por qualidade inferior ou impureza racial.

3.3.3. Idade dos touros: Os touros são vendidos em nossa região aos dois ou três anos de idade. Um touro de dois anos, desde que tenha sido alimentado o suficiente para completar a maior parte do seu desenvolvimento (atingir entre 550 e 650 kg, dependendo do porte da raça), é capaz de cobrir 25 a 35 vacas já na primeira estação de monta, se as condições ambientais forem favoráveis, e terá uma vida útil maior. Entretanto, em um ambiente mais desfavorável, principalmente quando a alimentação é pobre, os touros de três anos são preferíveis por serem mais rústicos.

Existe uma tendência de oferecer em um mesmo remate touros de diferentes idades. Muitas vezes, os touros mais velhos são aqueles que não eram bons o suficiente para serem ofertados aos dois anos. Estes touros são inferiores quando comparados com seus contemporâneos, mas não parecem maus quando comparados com animais mais jovens no momento da venda. Por outro lado, alguns núcleos de seleção usam os melhores touros em idades jovens, por um ou dois anos, e depois ofertam estes animais ao mercado.

Os dados de desempenho (DEPs) permitem comparações entre animais, mesmo que de idades diferentes, e reconhecer facilmente se os touros mais velhos são tope ou fundo em comparação com seus contemporâneos ou com os animais mais jovens. Entretanto, se não houver dados é recomendável comprar os touros mais jovens e permitir que terminem seu crescimento na propriedade.

3.3.4. Avaliação morfológica: Grande parte dos criadores compra touros com base em uma apreciação visual. Os touros são avaliados de acordo com vários critérios, mas a importância maior é dada a padrões raciais, conformação e desenvolvimento. A estimativa de potencial de crescimento é a mais imprecisa, pois diferenças de idade, alimentação e manejo confundem a avaliação visual.

Os vendedores de touros são bons comerciantes e sabem como empacotar seu produto de maneira a agradar o comprador em potencial. O preparo pode fazer com que um touro abaixo da média pareça tão bom quanto os superiores. Os dados de desempenho (DEPs) são o único indicativo que pode garantir que aquilo que encanta o olho se traduzirá em progênie de qualidade. Comprar touros sem dados é uma "loteria".

Por outro lado, a apreciação visual é necessária para avaliar se o touro possui boa estrutura física e outros atributos de importância econômica. Touros devem ser musculosos e ter bons aprumos, para poderem caminhar atrás de vacas em cio. Um temperamento dócil também é importante, pois facilitará o manejo do reprodutor na propriedade. Touros devem ter ainda um bom perímetro escrotal (testículos grandes), indicando fertilidade e precocidade sexual, que também será transmitida às suas filhas.

3.3.5. Exames andrológicos e sanitários: O comprador deve exigir do vendedor que o touro possua exame andrológico, ou seja, que não apresente alterações clínicas na genitália e que seja capaz de produzir e depositar sêmen fértil nas vacas. Testes negativos para brucelose e tuberculose são exigidos nas exposições, e devem acompanhar também o reprodutor nos remates e vendas particulares, como garantia de sanidade.

3.3.6. Ambiente de criação: Diferenças extremas das condições de criação e teste do touro com a situação da produção comercial podem resultar em decepções para os criadores, em termos de desempenho da progênie, quando os touros adquiridos vierem de ambientes muito diferentes daquele observado na sua fazenda. Isto pode ocorrer quando, por exemplo, reprodutores são criados confinados, com dietas de alto nível nutritivo e sua progênie é manejada em campo nativo.

O que acontece nestes casos é que a genética é selecionada para produzir bem em outro tipo de ambiente. O criador deve buscar touros oriundos de sistemas de criações semelhantes ao existente em sua propriedade.

3.3.7. Facilidade de parto: Touros com baixo peso ao nascer são indicados para realizarem o primeiro serviço em novilhas, para minimizar o risco de problemas de parto. O único indicativo confiável do peso ao nascer da progênie de um touro é sua DEP para peso ao nascer. Touros com DEP negativas para peso ao nascer devem ser adquiridos para servirem novilhas.

3.3.8. Quanto vale um touro? Os compradores devem ter em mente que o valor de um touro ou o valor que pode ser pago por um touro dependerá da qualidade deste reprodutor. Melhores bezerros se traduzem em um maior valor agregado e isto permite pagar mais por touros que produzam progênie superior.

As DEPs permitem calcular o impacto de um touro na produção total, em termos de quilos extras de carne produzidos na sua progênie e, portanto, o valor do touro ou quanto pode ser pago a mais por este touro em relação a outro.

Supondo um touro com DEP para peso ao desmame de +10 kg usado por quatro anos e produzindo 25 filhos/ano. O valor quilo vivo de peso de R\$ 2,50 e o peso de abate do touro de 700 kg. Temos assim:

Aumento de peso ao desmame por filho (DEP) = 10 kg
 Produção de quilos extra na progênie (10 kg × 100 filhos) = 1.000 kg
 Valor total da produção extra (1.000 kg × 2,50 R\$/kg) = R\$ 2.500,00
 Valor residual do touro ao abate (700 kg * 2,50 R\$/kg) = R\$ 1.750,00
 Valor estimado do touro = R\$ 4.250,00

Para fins de comparação entre touros, por este exercício, conclui-se que se pode pagar R\$ 250,00 a mais por cada quilo de DEP que o touro tenha em relação a outro (1 kg * 100 filhos * 2,50 R\$/kg = R\$ 250,00).

O valor do touro acima foi determinado pela sua contribuição para o aumento da produção de carne mais seu peso de abate. A contribuição de touro com genética superior, através de suas filhas usadas na reprodução, adiciona ainda mais valor a esse touro. Em um mercado livre, a competição entre compradores é que determina o valor real a ser pago, contudo esta abordagem proporciona uma estimativa razoável do valor de um touro para fins de comparações e para determinar o retorno esperado do investimento.

3.3.9. Catálogos de touros para inseminação artificial (sêmen):

A inseminação artificial permite ao criador acelerar o processo de melhoramento genético, pois pode utilizar touros de qualidade genética muito superior (maior diferencial de seleção). Para comprar sêmen de touros, os critérios são os mesmos dos touros já descritos anteriormente. Entretanto, tendo em vista o conjunto de material de propaganda disponível a respeito de touros com sêmen à venda, por vezes confusa, alguns pontos devem ser considerados.

- **Fotografias, pedigrees e descrições em catálogos:** Estes dados são apresentados e planejados para promover a venda de sêmen independente do real valor genético. Na ausência de dados de desempenho estas informações não possuem qualquer valor.

- **Preço do sêmen:** O preço é usado algumas vezes pelo comprador como um indicador do valor genético, supondo que quanto maior o preço melhor o touro. Os dois valores não são sempre correlacionados, e muitas vezes touros com preços mais acessíveis podem ser tão bons ou melhores que touros com sêmen mais caro. Em geral, touros que produzem sêmen em abundância e que têm baixa procura têm o sêmen comercializado por valores mais acessíveis do que animais que produzem menos sêmen por unidade de tempo e têm boa procura no mercado.

- **Dados de desempenho (DEPs):** São o melhor indicativo de mérito genético. Somente touros de alto valor genético devem ser largamente utilizados em inseminação artificial. Contudo, é preciso considerar a origem das DEPs, qual a média do sumário de onde foram retiradas e qual a medida, quilogramas ou libras. É comum que em um mesmo catálogo existam DEPs retiradas de diferentes sumários, que não são comparáveis entre si, mesmo dentro de uma raça. Um exemplo é quando existem touros nacionais e importados, com DEPs geradas no Brasil e no exterior, respectivamente

Referências

BEEF IMPROVEMENT FEDERATION. **Guidelines for uniform improvement programs**. 7th ed. Colby: Northwest Research Extension Center, 1996. 161 p.

BOURDON, R. M. **Understanding animal breeding**. 2nd ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2000. 538 p.

CUNDIFF, L. V.; GREGORY, K. E. What is systematic crossbreeding? In: CATTLE INDUSTRY ANNUAL MEETING AND TRADE SHOW, 1999, Charlotte. **Proceedings...** Centennial: Cattlemens College: National Cattlemens Beef Association, 1999. Não paginado.

DALY J. J. **Melhoramento genético para a produção de carne bovina**. São José do Rio Preto: Agro-Pecuária CFM, 1992. 80 p. Tradução da série Beef Cattle Husbandry Branch technical bulletin n° 7. Queensland Department of Primary Industries.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4th ed. Harlow: Longman Group, 1996. 464 p.

GREGORY, K. E.; CUNDIFF, L. V.; KOCH, R. M. **Composite breeds to use heterosis and breed differences to improve efficiency of beef production**. [Washington]: U. S. Dept. of Agriculture, Agricultural Research Service; Springfield: National Technical Information Service, 1999. 75 p. (USDA. Technical bulletin, n. 1875).

HENDERSON, C. R. Estimation of variance and covariance components. **Biometrics**, Washington, v. 9, n. 2, p. 226-252, June 1953.

LYNCH, M.; WALSH, B. **Genetics and analysis of quantitative traits**. Sunderland: Sinauer, 1998. 980 p.

Anexo - endereços eletrônicos para consulta

Associação Brasileira de Hereford e Braford

<http://www.hereford.com.br/>

Associação Nacional de Criadores “Herd Book Collares”

<http://www.herdbook.org.br/>

<http://www.herdbook.org.br/index.asp?pag=sumario.asp> (Sumário de Touros de Raças Europeias)

Associação Nacional de Criadores e Produtores

<http://www.ancp.org.br/>

GENEPLUS - Programa de Melhoramento da Embrapa Gado de Corte e Fundapam

<http://www.geneplus.com.br/>

http://www.cnpqg.embrapa.br/~locs/sumario/sumario_zebu.htm
(Sumário de Touros de Raças Zebuínas)

GENSYS – Consultores Associados

<http://www.gensys.com.br/>

PAMPAPLUS – Programa de Avaliação Genética das Raças Hereford e Braford

<http://www.pampaplus.com.br/>

PROMEBO – Programa de Melhoramento de Bovinos de Carne

<http://www.promebo.com.br/>

Embrapa

Pecuária Sul

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

