

CAPÍTULO 11

Melhoramento Genético Animal

José Marques Carneiro Júnior

1. Introdução

O desempenho individual dos animais é resultado da ação conjunta do ambiente e da genética. Níveis elevados de produtividade e retorno econômico são alcançados pelo melhoramento concomitante das condições ambientais e da composição genética dos animais.

Vários fatores têm contribuído para uma crescente demanda, no mercado nacional, por animais de genética superior. Dentre eles destacam-se: a instalação e o desenvolvimento de vários programas de melhoramento genético; a divulgação e adequação de metodologias empregadas na avaliação genética; e, principalmente, o reconhecimento econômico de que animais geneticamente superiores são cada vez mais disputados e vendidos no mercado, além de contribuírem para melhoria dos índices zootécnicos das propriedades.

Apesar do crescente avanço no melhoramento animal, observa-se, muitas vezes, que o termo “melhoramento genético” é equivocadamente utilizado. Com o aumento da demanda por genética de qualidade é natural que surjam especulações sobre o assunto, mas o fato é que os criadores deveriam estar mais atentos ao adquirir animais para reprodução. Em muitos locais de comercialização, como leilões, por exemplo, os animais são apresentados como resultado de melhoramento genético, quando, na maioria das vezes são excessivamente tratados e de mérito genético desconhecido.

O problema fundamental é que apenas parte das diferenças observadas no desempenho dos animais é passível de ser transferida de uma geração a outra. Assim, o grande desafio do melhoramento genético animal consiste na escolha dos melhores indivíduos para serem utilizados no processo reprodutivo, bem como no descarte de animais de menor potencial genético. Este processo é conhecido como seleção e na prática tem sido realizado de forma subjetiva, carecendo de uma abordagem metodológica mais científica.

Aparentemente fácil de ser entendida, a seleção apresenta-se como uma árdua tarefa para melhoristas e produtores. Diversas são as fontes capazes de produzir variação no desempenho dos animais. Fatores como ano e época de nascimento, sexo do animal, idade da mãe ao parto, nutrição, manejo sanitário, grupo de manejo, entre outros, influenciam diretamente a expressão das características, causando variação de origem ambiental que não apresenta

interesse em termos de seleção, uma vez que as mesmas não são transmitidas para os descendentes. Enfim, o sucesso do melhoramento está estreitamente relacionado com a capacidade de distinção entre as variações de origem ambiental e as de origem genética.

Dentro do contexto de um mercado competitivo e globalizado, é necessário que os produtores se conscientizem de que ainda há muito que fazer no sentido de melhoramento ambiental, recuperação de pastagens, práticas básicas de manejo, controle zootécnico e financeiro de suas propriedades, o que permitirá e/ou facilitará a criação de programas de melhoramento genético. Paralelo a tudo isto, o melhoramento genético animal está diretamente relacionado com o aumento da produtividade e do retorno econômico da propriedade.

2. Breve Histórico

O melhoramento genético animal traduz o esforço de vários pesquisadores, ao longo dos anos, em distintas áreas da ciência. Os avanços conquistados na área de estatística, genética e informática permitiram alcançar o atual nível de conhecimento obtido na teoria do melhoramento genético animal.

Segundo Bergman (1998), pode-se dizer que o melhoramento animal surgiu, como ciência, a partir das descobertas das leis de herança pelo austríaco Gregor Mendel (1822–1884), cujos trabalhos apesar de relacionar matemática à biologia careciam de uma abordagem mais metodológica. Kal Pearson (1857–1936) aplicou seus conhecimentos matemáticos aos resultados evolucionários de Darwin (1809–1882).

A junção da estatística com a herança genética foi iniciada pelo francês Galton (1822–1911), considerado fundador da escola de biometria aplicada. Importantes avanços também são atribuídos a Ronald Fisher e Sewall Wright, responsáveis pela moderna genética de populações. À medida que surgiram os experimentos de seleção e cruzamentos, a aplicação científica da genética ao melhoramento animal foi intensificada, principalmente a partir dos trabalhos de Jay Lush (1896–1982), Charles Henderson (1911–1989) e Roberteson (1920–1989).

Dentre os melhoristas, Henderson é considerado um dos mais influentes dos últimos 30 anos, seus trabalhos foram voltados para o desenvolvimento do método BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*) e dos modelos lineares mistos, que constituem a essência de todas as avaliações genéticas realizadas até hoje no mundo.

3. Fundamentos do Melhoramento Genético Animal

3.1. Características Quantitativas vs Qualitativas

As características de importância econômica no melhoramento genético animal são governadas por um grande número de genes, cada um apresentando pequeno efeito, por isso denominam-se poligênicas, quantitativas ou métricas.

Algumas características como cor da pelagem, presença ou não de chifres, entre outras, são governadas por poucos pares de genes, sendo denominadas monogênicas ou qualitativas.

As características quantitativas apresentam maior interesse econômico, porém, são mais difíceis de serem selecionadas devido à grande influência ambiental em sua expressão gênica. Nestas características, não existe uma delimitação bem definida das classes formadas como nas qualitativas, por exemplo, presença ou ausência de chifres, pelagem vermelha ou branca, etc. Inúmeras classes são formadas a partir da expressão de vários genes, cada um com pequeno efeito sobre o resultado métrico da característica. Desta forma, ganho de peso, fertilidade, produção de leite e medidas corporais, entre outras características, apresentam inúmeras classes formadas a partir das diferenças genéticas entre os indivíduos.

Como estas características são grandemente influenciadas pelo ambiente, é natural que a variação observada, em parte, deva-se às variações ambientais do meio onde o animal foi criado. Assim, animais de exposição ou preparados para tal finalidade tendem a apresentar diferenças fenotípicas que não são necessariamente refletidas na mesma magnitude em seus potenciais genéticos.

Na prática, o fenótipo é obtido a partir da mensuração ou visualização direta no indivíduo, por exemplo: peso, produção de leite, circunferência escrotal, etc. A distribuição de freqüências para as características quantitativas aproxima-se razoavelmente da curva normal. Conseqüentemente é possível usar as propriedades da distribuição normal e aplicar técnicas estatísticas apropriadas. Segundo Falconer (1987), as propriedades de uma população que estão associadas com as características quantitativas são as médias, variâncias e covariâncias.

A primeira divisão do valor fenotípico é em componentes atribuídos à influência do genótipo e do ambiente. O genótipo é o conjunto de genes possuído pelo indivíduo, e o ambiente são todos os fatores não genéticos que influenciam o valor fenotípico. Desta forma, o genótipo e o ambiente são por definição os únicos determinantes do valor fenotípico. Pode-se considerar que o genótipo confere certo valor ao fenótipo e o ambiente causa um desvio deste, em uma determinada direção.

O modelo genético básico para uma característica quantitativa pode ser descrito pela equação:

$$P = \mu + G + E$$

Em que:

P = valor fenotípico ou desempenho de um animal para a característica

μ = média da população ou média dos valores fenotípicos para a característica, considerando todos os animais da população

G = valor genotípico do animal para a característica

E = influência do ambiente, ou desvios de ambiente.

3.2. As Fontes de Variação e a Herdabilidade

Como visto anteriormente parte do fenótipo deve-se à variação genética existente entre os indivíduos e parte às variações ambientais. É de interesse ter acesso à parcela do fenótipo cuja variação seja de origem genética. Neste contexto, a estatística aparece como uma ferramenta imprescindível para estimar quanto da variação fenotípica é devido a diferenças genéticas e quanto é de origem ambiental.

O progresso genético de uma população está diretamente relacionado com a capacidade de se predizer a variação genética a partir da variação fenotípica. É importante ressaltar que só é possível ter progresso genético se existir variabilidade genética. Quando esta é pequena ou menor do que a variabilidade ambiental, o processo seletivo torna-se mais problemático. Nesta situação, nem sempre os melhores fenótipos representam necessariamente os melhores genótipos.

Os componentes nos quais a variância fenotípica é parcelada são relativos aos valores associados ao genótipo e ao ambiente.

Considerando o seguinte modelo:

$$P = \mu + G + E \quad \text{e} \quad G = A + D + I$$

Em que:

- P = valor fenotípico
- μ = média fenotípica da população
- G = valor genotípico
- E = desvios de ambiente
- A = valor genético ou mérito genético aditivo
- D = desvio de dominância
- I = desvio de interação.

A variância fenotípica pode ser decomposta em:

$$\sigma_P^2 = \sigma_G^2 + \sigma_E^2 \quad \text{e} \quad \sigma_G^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_I^2$$

Em que:

- σ_P^2 = variância dos valores fenotípicos
- σ_G^2 = variância dos valores genotípicos
- σ_A^2 = variância dos valores genéticos aditivos
- σ_D^2 = variância atribuída à dominância
- σ_I^2 = variância atribuída à epistasia
- σ_E^2 = variância dos desvios de ambiente.

Na prática, na maioria das vezes, a variância atribuída aos efeitos de dominância e aos efeitos de epistasia é desconsiderada, devido às limitações das metodologias atualmente utilizadas para isolá-los. A variância dos valores genéticos aditivos é o componente de maior interesse para o melhoramento animal, uma vez que é o principal determinante das propriedades genéticas de uma população. Assim, é interessante saber quanto da variação fenotípica é devido à variação genética. Esta proporção na teoria do melhoramento animal é designada por herdabilidade, sendo associada à porção da variação total que é efetivamente transmitida de uma geração para outra.

A herdabilidade de uma característica quantitativa expressa a proporção da variação total que é devida ao efeito médio dos genes. Dessa forma, mede a confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor genético dos indivíduos. A herdabilidade no sentido restrito pode ser definida como a razão entre a variância genética aditiva e a variância fenotípica:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_p^2}$$

Em que:

h^2 = herdabilidade no sentido restrito

σ_a^2 = variância dos valores genéticos aditivos

σ_p^2 = variância fenotípica.

A herdabilidade no sentido amplo é obtida quando no numerador são incluídas as variâncias relacionadas aos efeitos aditivos, de dominância e de epistasia:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_D^2 + \sigma_I^2}{\sigma_p^2}$$

Em que:

h^2 = herdabilidade no sentido amplo

σ_a^2 = variância dos valores genéticos aditivos

σ_D^2 = variância devido ao efeito de dominância

σ_I^2 = variância devido ao efeito de epistasia

σ_p^2 = variância fenotípica.

4. Ferramentas do Melhoramento Animal

As principais características de importância econômica são governadas por um grande número de genes, os quais apresentam expressão fenotípica grandemente influenciada pelo meio ambiente.

Dentro deste contexto, o desafio básico do melhoramento animal consiste na escolha dos indivíduos portadores do maior número de genes favoráveis para a característica de interesse. Este processo pode ser realizado por meio da seleção e do acasalamento dos animais geneticamente superiores. Estes dois fatores constituem as duas principais ferramentas do melhoramento genético animal.

Assim, a magnitude do progresso genético está diretamente relacionada com o êxito desta escolha e será mais eficiente quanto maior for o número de descendentes deixados pelos indivíduos selecionados. Espera-se com isto que a produção destes descendentes seja em média superior à geração antecedente.

Sabidamente as modificações estabelecidas pelo processo seletivo, nas frequências alélicas, são estáveis. Desta forma, os ganhos obtidos, por meio da seleção, são permanentes e cumulativos, o que a torna o método mais importante de melhoramento dos animais domésticos.

Como o processo seletivo não cria material genético novo, sua eficiência, que pode ser medida pelo ganho genético, é diretamente relacionada com a existência de uma suficiente variabilidade genética, da intensidade de seleção praticada e do intervalo de geração.

4.1. Ganho Genético

O ganho genético representa superioridade genética dos descendentes em relação à média da geração dos pais e depende basicamente da acurácia de predição, intensidade de seleção, variabilidade genética e intervalo de gerações. Esses fatores formam a equação chave para predizer o ganho genético:

$$\Delta G_{\text{ano}} = \frac{\text{Acurácia} \times \text{Intensidade} \times \text{Variabilidade}}{\text{Intervalo de gerações}}$$

ou, simbolicamente:

$$\Delta G_{\text{ano}} = \frac{(r_{\hat{A}})(i)(\sigma_A)}{t}$$

Em que:

- ΔG_{ano} = ganho genético por ano
- $r_{\hat{A}}$ = acurácia da seleção
- i = intensidade de seleção
- σ_A = desvio-padrão genético aditivo
- t = intervalo de gerações.

A equação chave mostra que a taxa de ganho genético é diretamente proporcional à acurácia de seleção, à intensidade de seleção e à variação genética existente; e é inversamente proporcional ao intervalo de gerações, isto é, o tempo médio em anos entre o nascimento de um animal e de seus filhos.

O progresso genético será maior quanto maior for a intensidade de seleção, a variabilidade genética e a acurácia da predição e menor quanto maior for o intervalo de gerações. Contudo, este processo não é tão simples quanto parece, pois existem relações funcionais conflitantes entre estes fatores que devem ser consideradas. Qualquer alteração provocada em um dos componentes da equação pode causar mudanças indesejadas nos demais fatores.

Por exemplo, a diminuição do intervalo de gerações pode ocasionar decréscimo da acurácia de predição, devido ao pequeno conjunto de informações que estaria disponível para avaliação genética. O aumento excessivo da intensidade de seleção pode reduzir a variabilidade genética, com conseqüentes prejuízos para o progresso genético. Portanto, o objetivo é encontrar o equilíbrio entre os fatores da equação, visando maximizar o ganho genético, respeitando as relações funcionais existentes entre os fatores.

4.1.1. Variabilidade Genética

Para que a seleção genética possa ocorrer é imprescindível que haja variabilidade genética. Se toda variação fenotípica observada fosse de origem ambiental o processo seletivo seria inócuo e o progresso genético nulo, independentemente da intensidade de seleção praticada.

Uma vez que a expressão fenotípica dos genes pode ser modificada pelos fatores ambientais existentes, muitas vezes, a superioridade observada de um animal pode estar relacionada às condições favoráveis que recebeu durante sua vida. Devido a isto, em muitas situações, a variabilidade fenotípica observada não é uma boa indicadora da variabilidade genética existente. Por isto, o desempenho individual nem sempre apresenta-se como um critério de seleção adequado quando utilizado isoladamente.

A variação genética é um fator relacionado ao ganho genético que o criador não pode facilmente alterar, sendo essencialmente constante para uma característica em uma determinada população. Embora a variabilidade genética seja uma propriedade populacional, algumas características, como as associadas à fertilidade, apresentam baixa variabilidade genética; enquanto outras ligadas à carcaça apresentam alta variabilidade.

À medida que se aplica um processo de seleção eficaz, por muitas gerações, espera-se uma redução na variabilidade genética com conseqüente aumento da consangüinidade. Certo nível de consangüinidade é aceitável dentro de um rebanho. Entretanto, se o processo de seleção é conduzido por muitas gerações, tendo-se como base o mesmo critério, pode ocorrer a fixação ou perda de genes favoráveis à produção. Nestes casos é indicado introduzir novo material genético para manutenção da variabilidade genética e fonte de genes de interesse econômico.

4.1.2. Intensidade de Seleção

A intensidade de seleção está diretamente relacionada com a proporção de indivíduos que serão utilizados para a reprodução, podendo ser obtida pela seguinte fórmula:

$$i = \frac{\Delta s}{\sigma_p} \quad \text{e} \quad \Delta s = \bar{X}_s - \bar{X}_p$$

Em que:

- i = intensidade de seleção
- Δs = diferencial de seleção
- σ_p = desvio-padrão fenotípico da característica em estudo
- \bar{X}_s = média dos indivíduos selecionados
- \bar{X}_p = média da população.

Assim, quanto menor o número de indivíduos selecionados maior será a média e conseqüentemente maior será o diferencial e a intensidade de seleção praticada.

Espera-se que o progresso genético seja maior quanto maior a utilização de animais de reconhecida superioridade genética. Contudo, um programa de seleção contempla simultaneamente várias características. Assim, atenção deve ser dada para que não seja aplicada uma intensidade de seleção excessiva a uma determinada característica em detrimento de outra. Dificilmente um único indivíduo possui todas as propriedades genéticas desejáveis, sendo recomendado um número suficiente de animais para a reprodução, de forma a garantir o maior ganho genético e variabilidade genética possíveis para várias características simultaneamente.

A intensidade de seleção possível de ser aplicada em vacas em um rebanho é mínima quando comparada à que pode ser aplicada aos touros, mesmo quando o desempenho reprodutivo das vacas é considerado bom. Como resultado, a maioria do progresso genético em um rebanho provém do sêmen de touros altamente selecionados disponíveis. Este quadro tem apresentado mudanças devido às novas técnicas em biotecnologia que visam aumentar a taxa reprodutiva de fêmeas, como a transferência e produção in vitro de embriões. A utilização destas técnicas permite maiores intensidades de seleção sobre as fêmeas e com isto a obtenção de maior progresso genético.

4.1.3. Acurácia da Seleção

A acurácia de predição do valor genético pode ser definida como uma medida da confiabilidade da avaliação, que é dada pela correlação entre o valor genético aditivo verdadeiro e o predito. Quanto mais acurado for o valor genético predito maior a probabilidade de que os animais selecionados para genitores sejam realmente os indivíduos geneticamente superiores.

Como a acurácia representa o grau de confiança associado ao valor da DEP (Diferença Esperada na Progênie), indica a possibilidade de mudança desse valor à medida que novas informações de produção dos indivíduos forem sendo agregadas ao conjunto de dados avaliado. Touros velhos com número elevado de progênies, igualmente distribuídas nos rebanhos, tendem a apresentar alta acurácia em detrimento a touros jovens com reduzido número de filhos.

É importante ressaltar que a acurácia não deve ser utilizada como único critério de seleção e sim como indicadora da intensidade de utilização de determinado reprodutor. Por exemplo, touros jovens, com DEP elevada, mesmo que apresentem baixa acurácia, devem ser indicados para reprodução. Entretanto, após o processo seletivo, o produtor deverá utilizar mais intensamente na reprodução os indivíduos com maiores acurácias.

A acurácia de seleção depende da herdabilidade da característica, da qualidade dos dados coletados e da metodologia estatística empregada para a predição dos valores genéticos. Para cada DEP obtida, um valor de acurácia está relacionado e geralmente contido no intervalo de zero a um. Quanto mais próximo de um, maior a acurácia da avaliação.

Em bovinos de corte a fórmula mais empregada para cálculo da acurácia é a recomendada pelo Beef Improvement Federation (BIF) dos Estados Unidos, definida como:

$$\text{Acurácia} = 1 - \sqrt{\frac{PEV}{\sigma_a^2}}$$

Em que:

PEV = variância do erro de predição, obtido durante o processo de avaliação genética

σ_a^2 = variância genética aditiva da característica avaliada.

Para a seleção massal, em que o animal é selecionado com base no seu dado individual de produção, ou para características que apresentam alta herdabilidade a acurácia é obtida pela raiz quadrada da herdabilidade.

Características com alta herdabilidade tendem a apresentar maior acurácia da predição, pois o valor fenotípico, neste caso, já é um bom indicador do valor genético. A qualidade dos dados também é de grande importância para a acurácia da predição, pois o ponto central de toda avaliação genética, independente da metodologia estatística utilizada, reside na qualidade dos dados coletados. Bergman (1994) cita a expressão "lixo que entra lixo que sai", referindo-se ao poder e perigo inerentes ao processamento informatizado de dados. Segundo Josahkian (1998), o erro repetitivo, a falta de controle no rigor das informações e o erro intencional tornam absolutamente impossível a obtenção de valores genéticos de forma acurada.

Por último, mas não menos importante, a utilização de metodologias estatísticas adequadas é fundamental para uma boa predição dos valores genéticos dos indivíduos. Atualmente a metodologia de modelos mistos tem

sido amplamente utilizada e divulgada no meio científico. Esta metodologia consiste na predição dos valores genéticos, a partir dos valores fenotípicos, ponderando-se todas as informações disponíveis do animal, tais como: ano de nascimento, manejo, rebanho, fazenda, parentesco, além do valor fenotípico do próprio indivíduo.

4.1.4. Intervalo de Gerações

O intervalo de gerações pode ser definido como a idade média dos pais quando a prole nasce ou como o intervalo de tempo entre os estádios correspondentes do ciclo de vida em gerações sucessivas. A resposta à seleção pode ser acelerada diminuindo-se o intervalo de gerações. Entretanto, ao diminuí-lo pode ocorrer uma redução na intensidade de seleção praticada. Existe, portanto, um paradoxo entre intervalo de geração e intensidade de seleção, sendo necessário encontrar o melhor equilíbrio entre eles.

4.2. Importância da Utilização do Parentesco entre Indivíduos

O parentesco entre dois indivíduos pressupõe a existência de pelo menos um ascendente em comum. Com isto, espera-se que indivíduos aparentados apresentem uma determinada proporção de genes idênticos pelo fato de serem provenientes de um mesmo ascendente. Quanto maior o grau de parentesco entre dois animais maior será a quantidade de genes em comum e, conseqüentemente, maior será a semelhança de desempenho entre ambos.

A aplicação prática deste fato consiste na possibilidade de estimar o valor genético de um indivíduo por meio do valor genético de seus parentes. Em muitos casos alguns indivíduos não possuem informações sobre seu desempenho ou elas não existem em quantidade suficiente. Outra situação bastante comum diz respeito à necessidade de conhecimento do valor genético para uma característica que não se expressa em um dos sexos, como, por exemplo, a produção de leite. Neste caso, o valor genético do indivíduo é obtido por meio das informações fornecidas pelos seus parentes do sexo oposto.

4.3. Avaliações Genéticas e Diferença Esperada na Progenie

O principal objetivo do melhoramento animal consiste na identificação dos indivíduos geneticamente superiores. Para que isto ocorra é necessário conhecer o valor genético dos animais em competição. Mas, como ter acesso a este valor genético? Como visto anteriormente, parte da variação fenotípica é representada pela variação de origem genética. É esta parcela propriamente dita a alavanca propulsora do melhoramento animal e obtê-la com acurácia é o desafio do melhoramento.

A identificação do valor genético dos animais permite ao criador modificar geneticamente seu rebanho de acordo com os seus interesses e as tendências mercadológicas. Teoricamente, pode-se propor a condução de um experimento no qual os animais de interesse competem em igualdade de condições.

Entretanto, os dados do melhoramento animal, na maioria das vezes, não são obtidos a partir de experimentos previamente delineados. A tarefa do melhorista consiste em obter o maior volume possível de informações para que a partir do emprego de metodologias estatísticas adequadas possa remover os efeitos das diferentes fontes de variação não genética, tais como, sexo, rebanho, ano, estação, entre outros.

Com o avanço computacional alcançado nas últimas décadas, foi possível implementar métodos estatísticos poderosos, tais como o REML (Restricted Maximum Likelihood, traduzido como Máxima Verossimilhança Restrita), para a estimação dos componentes de variância, e a metodologia BLUP (Best Linear Unbiased Prediction, traduzido como Melhor Predição Linear não Viesada), para predição dos valores genéticos. Primeiro obtêm-se os componentes de variância a partir da metodologia REML e depois os valores genéticos pela metodologia BLUP. Por meio da utilização de tais métodos é possível obter os valores genéticos, ajustando-se os dados concomitantemente para os efeitos ambientais e número desigual de informações nas subclasses.

A aplicação do método BLUP implica em altos custos computacionais devido à necessidade da inversão de uma matriz de ordem igual ao número de animais pelo número de características. Henderson (1963; 1973) propôs um conjunto de equações denominado equações de modelos mistos, as quais mantêm todas as propriedades desejáveis do BLUP. O processo de obtenção do BLUP utilizando estas equações foi denominado de metodologia de modelos mistos. O cálculo da DEP (Diferença Esperada na Progênie) é obtido pela divisão do valor genético por dois, pois o genitor ou genitora transmite apenas metade do seu material genético para a geração seguinte.

O conceito de DEP envolve uma diferença que está relacionada às médias dos indivíduos em comparação, devendo ser utilizada para comparar indivíduos pertencentes à mesma avaliação genética, pois receberam as mesmas ponderações processadas pela metodologia. Na maioria das avaliações utiliza-se como base genética o mérito genético médio da raça a que pertencem os animais avaliados ou o valor zero.

Suponha que um touro A apresente DEP para peso à desmama de +10 e que um touro B apresente DEP de -3. Neste caso, se os dois touros fossem aleatoriamente acasalados com um grupo de fêmeas e produzissem um grande número de descendentes, a progênie do touro A apresentaria em média 13 kg a mais do que a média da progênie do touro B. Isto não quer dizer que o touro A sempre produzirá bezerros 13 kg mais pesados do que o touro B, pois a DEP não representa um valor exato, mas sim, uma média obtida a partir de uma distribuição normal.

A obtenção de conjuntos de dados de qualidade, as avaliações genéticas e o retorno ao produtor das informações na forma de DEPs e acasalamento dirigidos geralmente são realizados por meio de programas de melhoramento genético. Um bom programa de melhoramento animal congrega em si um conjunto de ações que tem por objetivo atender os anseios do produtor em relação à genética de seus animais, competitividade e retorno econômico.

5. Considerações Finais

Nos últimos anos, o melhoramento genético animal tem sido amplamente divulgado por instituições de pesquisa, ensino e associações de criadores.

A ampla variabilidade genética existente permite selecionar indivíduos de elevado padrão genético e adaptabilidade. O principal problema é que a avaliação de animais considerando apenas os aspectos visuais e de conformação é insuficiente para identificar genótipos superiores com as características desejadas de produção ou reprodução. Assim, para que haja progresso genético é imprescindível realizar avaliações genéticas por meio de metodologias estatísticas adequadas. Adicionalmente, além de auxiliar a seleção, a DEP pode trazer retornos econômicos imediatos ao produtor como o aumento no preço da venda dos animais.

6. Referências

BERGMANN, J. A. Avaliação genética: conceitos básicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS, 1., 1994, Uberaba. **Anais...** Uberaba: Associação Brasileira de Criadores de Zebuínos, 1994. p. 34-41.

BERGMANN, J. Dos números ao conhecimento e à aplicação passando pela estatística. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2., 1998, Uberaba. **[Anais...]** Viçosa: UFV; SBMA, 1998. 465 p.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1987. p. 279.

HENDERSON, C. R. Selection index and expected genetic advance. In: HANSON, W. D.; ROBINSON, H. F. **Statistical genetics and plant breeding a symposium**. Washington: NAL, 1963. p. 141-163.

HENDERSON, C. R. Sire evaluation and genetics trends. In: SYMPOSIUM ANIMAL BREEDING GENETIC, 1972, Champaign. **Proceedings...** Champaign, ASAS: ADSA. p. 10-41. 1973.

JOSAHKIAN, L. A. Qualidade dos dados coletados. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2., 1998, Uberaba. **[Anais...]** Viçosa: UFV; SBMA, 1998. p. 253-256.