

Euclides Filho, KLEPER
MELHORAMENTO GENÉTICO ANIMAL NO BRASIL:
FUNDAMENTOS, HISTÓRIA E IMPORTÂNCIA

RESUMO

O trabalho procurou apresentar de forma simples e objetiva os princípios e fundamentos do melhoramento genético, ao mesmo tempo que descreve a trajetória histórica do melhoramento animal no Brasil enfatizando sua importância e contribuições.

As discussões foram apresentadas com o intuito de possibilitar melhor entendimento do papel fundamental que a genética representa, principalmente, nesse momento de grandes transformações que estão constantemente a exigir, como resultados das iniciativas tomadas em quaisquer segmentos das diversas cadeias produtivas que envolvem animais domésticos, mais acurácia e eficiência. Para isso, conceitos básicos como seleção e cruzamento são apresentados, bem como introduzem-se discussões acerca de variabilidade genética, valor genético, diferença esperada na progênie (DEP), características quantitativas, herdabilidade, mudança genética, sistemas e tipos de cruzamentos e heterose.

Além disso, a situação atual e os avanços observados ao longo dos anos são apresentados para as principais espécies de animais domésticos, quais sejam, bovino de corte, bovino de leite, aves, suínos, ovinos, caprinos e búfalos.

Finalmente, são feitas algumas considerações enfatizando a necessidade de se fazerem investimentos em alguns aspectos fundamentais que garantam a consolidação e expansão do melhoramento genético e, principalmente, assegurem o progresso genético indispensável para que esses animais se constituam em elementos fundamentais de cadeias produtivas e em componentes essenciais do agronegócio brasileiro do terceiro milênio.

ABSTRACT

This paper tried to present, in a simple and objective way, the principles and fundaments of the animal breeding in Brazil, emphasizing its historical path, its importance and contributions.

The discussions were presented in a way, which would become possible, a better understanding of the fundamental role represented by genetics. This is extremely important mainly, in this moment when huge transformations are requiring more efficiency and accuracy as results of the initiatives carried out in any of the segments of the different productive chains involving livestock production.

For accomplishing this, basic concepts as selection and crossbreeding are presented, as well as discussions about genetic variability, breeding value, expected progeny difference (EPD), quantitative traits, heritability, genetic change, crossbreeding systems and types and heterosis.

Besides, the actual situation and the advances verified during the last years are presented related to the mainly livestock species, which are, beef cattle, dairy cattle, chicken, swine, ovine, goat and buffalo.

Finally, are presented some considerations emphasizing the need for investments in some fundamental aspects, which guarantee not only the consolidation, but also the expansion of the animal breeding.

Such investments will assure the indispensable genetic progress to these animals that will certainly constitute important elements of the different productive chains that will be, in turn, essential components of the Brazilian agribusiness of the third century.

1

INTRODUÇÃO

A utilização de animais domésticos tem precedentes históricos que fazem destes não só componentes primários indispensáveis ao desenvolvimento e prosperidade do homem, mas também os colocam como elementos pró-ativos do desenvolvimento tecnológico.

Neste contexto, Bronowski (1973), citado por Walker (1995) afirmou que a roda e o arado, por exemplo, só foram inventados em sociedades que domesticaram animais de tração, por isso, estes implementos não existiam nas Américas. A história do Brasil também foi influenciada diretamente por esses animais.

No primeiro momento, pelos bovinos que tiveram grande participação durante o ciclo econômico do açúcar e, mais tarde, pelos eqüinos, durante o ciclo do ouro.

O bovino no início do Brasil colonial representava apoio fundamental à atividade açucareira, não só como animal de trabalho, mas também para fornecer a carne, a gordura, o leite e o couro.

A pecuária teve ainda, durante a história brasileira, papel fundamental na expansão da fronteira agrícola. Franco (1958) descreveu a fazenda Casa da Torre, como sendo a maior fazenda de criação do Brasil no período do primeiro governador geral, Tomé de Souza. Esta chegou a cobrir 1.500 quilômetros de terra à beira do rio São Francisco.

Ainda no século XVI, crescem em importância, a criação de suínos e ovinos. Os primeiros destacavam-se pela produção de carne a ser salgada, além de couro e carne verde; enquanto os ovinos, produziam a lã necessária à produção de agasalho.

Quanto às aves, estas já eram, nesta época, freqüentemente citadas nos inventários das propriedades rurais. Datam também deste período, as primeiras introduções de caprinos provenientes de Portugal e Espanha.

No campo do conhecimento e do desenvolvimento científico e tecnológico, à medida que o tempo passa, torna-se mais fácil olhar para trás e ser invadido por aquela sensação de superioridade.

Os últimos cinquenta anos foram prósperos no tocante aos avanços do conhecimento e, principalmente, em sua transformação em tecnologias e processos a serviço do bem-estar da sociedade. No entanto, é importante lembrar-se que o lastro para grande parte deste desenvolvimento repousa em bases teóricas há muito estabelecidas.

Assim, vale ressaltar que a criação, a descoberta inicial e o desenvolvimento do conhecimento são qualidades que somente poucas pessoas tiveram, têm e, certamente, terão o privilégio de possuir. A estas, sem dúvida, é devida grande parte dos créditos da edificação dos pilares que sustentam as transformações resultantes do uso das tecnologias.

Contudo, todas as mudanças tecnológicas pelas quais passou a humanidade não foram capazes de modificar certos hábitos e costumes que remontam a ancestrais na história do homem.

Ao lado disso, vê-se, ainda, a plasticidade do homem em, usando ou não de tecnologias, ser capaz de, quase sempre, utilizar do bom senso, da visão estética, da busca da beleza e, principalmente, da harmonia das formas e funções e, com isso, emprestar ao desenvolvimento científico, a sensibilidade que só encontra par na arte.

A atitude arraigada do homem a ensinamentos ancestrais que fluem de geração a geração pode ser observada na atividade agropecuária, na qual se verificam ruminantes sendo criados como se faziam na antiguidade, ou mesmo na cultura de arroz na China que ainda é desenvolvida nos moldes praticados há mais de mil anos.

A visão artística, por outro lado, pode, no Brasil, ser exemplificada pelos criadores de bovinos, especificamente, pelos criadores de zebuínos. Tais indivíduos foram capazes de, com persistência e visão de funcionalidade associadas à uma concepção de harmonia nas formas, estabelecer as diversas raças hoje existentes. Somente mais tarde iniciaram-se os programas, com embasamento científico, para orientação da melhoria genética.

Se no passado as mudanças se processavam de forma lenta, hoje elas ocorrem rapidamente, devendo, no entanto, ser creditada ao processo de globalização em andamento no mundo, a grande transformação que se verifica no momento, e principalmente aquela que deve ocorrer mais intensamente nesta virada de século.

Essa nova mudança surge avassaladora provocando ondas de modificações de comportamento e, principalmente, trazendo em sua essência uma quantidade incomensurável de informação.

Apesar de não ser objetivo deste trabalho questionar a importância, benefícios e/ou prejuízos que disso possam advir, torna-se importante analisar-se o trajeto histórico e, principalmente, as perspectivas futuras do melhoramento genético animal à luz do contexto econômico, cultural, comportamental, social e político. O estágio de desenvolvimento também não pode ser desprezado.

Assim, apesar de todas as evoluções e avanços ocorridos nas áreas de genética molecular, simulação de sistemas e demais biotécnicas, além da melhoria da capacidade computacional e do desenvolvimento de modelos estatísticos que, sem dúvida, se constituem em instrumentos de desenvolvimento da área de melhoramento genético animal, suas contribuições só serão efetivas se estes aspectos forem considerados.

Assim, é importante ressaltar que, nos últimos anos, o melhoramento genético de bovinos de corte vem assumindo importância cada vez maior. Isso tem resultado não só no aumento do número de programas que desenvolvem avaliação genética de diversos rebanhos, mas, também, na maior valorização dos animais portadores de estimativas de diferenças esperadas na progênie (DEPs).

O melhoramento animal, apesar de ter a fundamentação teórica desenvolvida há muitos anos, tem, recentemente, recebido grandes contribuições que são, com a necessidade de melhoria genética imposta pelo mercado, as principais responsáveis tanto pela expansão quanto pelos progressos genéticos que têm sido observados nas mais diferentes espécies de animais domésticos explorados comercialmente.

Fundamentalmente, a melhoria genética se processa com base na escolha correta daqueles que participam, ou melhor, daqueles aos quais é dada a possibilidade de participar, do processo de constituição da geração seguinte. Isso vale para a escolha dos indivíduos que produzirão filhos, ou mesmo, para escolha de raças.

A primeira situação refere-se ao processo chamado seleção e é importante para melhoria de raças puras ou para cruzamentos. A segunda, orienta e sinaliza o sucesso dos cruzamentos.

Para que se entendam melhor os fundamentos desses processos responsáveis pelo melhoramento é importante o entendimento de alguns conceitos básicos que serão apresentados e discutidos.

2

FERRAMENTAS DO MELHORAMENTO GENÉTICO

Duas são as ferramentas disponíveis para se promover o melhoramento genético de qualquer espécie: seleção e cruzamento. Seleção é o processo decisório que indica quais animais de uma geração tornar-se-ão pais da próxima, e quantos filhos lhes serão permitido deixar. Em outras palavras, pode-se entender seleção como sendo a decisão de permitir que os melhores indivíduos de uma geração sejam pais da geração subsequente.

Acasalamento, por outro lado, é um termo amplo que para animais domésticos, criados com fins comerciais, é importante quando resulta em concepção, gestação e nascimento de filhos. Dessa forma, é um elemento complementar fundamental no processo de seleção.

Quando o acasalamento ocorre entre indivíduos pertencentes a raças ou espécies diferentes denomina-se cruzamento.

A seleção, de modo geral, tem o objetivo de melhoria e/ou fixação de alguma característica de importância. Isso quer dizer que ela tem por finalidade aumentar, na população, a frequência de alelos favoráveis.

A melhoria obtida em características quantitativas vai depender da herdabilidade da característica em questão, e do diferencial de seleção. No entanto, é importante ressaltar que a seleção, apesar de possibilitar a mudança da frequência gênica da população, aumentando a frequência de alelos favoráveis, não cria novos genes.

A mudança na frequência dos genes é resultado da definição de quais serão os pais da geração subsequente e do número de filhos que estes pais deixarão.

O cruzamento é sem dúvida uma forma de se conseguir melhoria genética e incrementos de produção e de produtividade. Contudo, isso não elimina a necessidade, e muito menos diminui a importância da seleção como método de melhoramento genético a ser realizado concomitantemente.

Raças puras melhoradas são, na verdade, elementos fundamentais ao sucesso de qualquer programa de melhoramento.

A seleção, além de fundamental para a melhoria das raças puras, tem de ser componente essencial em um programa de cruzamentos.

Cruzamento sem seleção resulta em vantagens facilmente superáveis pela seleção em raça pura, ao passo que a associação das duas conduz a uma sinergia positiva.

3

CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS E SEUS ATRIBUTOS

As características ditas quantitativas são, de modo geral, influenciadas por muitos genes em vários *loci*, ao contrário daquelas chamadas características qualitativas, que são influenciadas por poucos genes em um *locus*, ou em um número pequeno de *loci*.

Outro aspecto peculiar às características quantitativas é que a definição de grupos de indivíduos de acordo com elas só existirá de forma arbitrária, pois não existe descontinuidade natural em suas variações.

Este grupo de características é representado pelos caracteres métricos que possuem variação contínua, como por exemplo, medidas corporais, pesos, produção de leite etc. Assim, fica evidente que as características de importância econômica enquadram-se, de modo geral, naquelas do primeiro grupo.

Para que seja possível relacionar as frequências gênica e genotípica com as diferenças quantitativas exibidas pelas características métricas há necessidade de se entender o conceito de valor, ou seja, aquele valor observado quando se mede uma característica.

As características de importância econômica em gado de corte são, em geral, quantitativas em natureza e possuem os seguintes atributos:

- i) são influenciadas por muitos genes; a maioria dos quais individualmente tem efeito pequeno;
- ii) efeitos aditivos, de dominância, e epistáticos, apesar de serem de importância variável, dependendo da característica, estão sempre presentes, e
- iii) a expressão dos genes é grandemente influenciada pelo ambiente.

A característica, qualquer que seja ela, peso, medidas corporais, medidas de fertilidade, cor de pelagem e, conseqüentemente, qualquer que seja a forma utilizada para mensurá-la, é chamada de fenótipo.

Esse fenótipo tal como é medido é uma expressão do genótipo (constituição genética) do indivíduo portador do fenótipo em questão mais um componente de ambiente (clima, alimentação, manejo, saúde, etc.). Desta forma, pode-se expressar o genótipo como sendo:

$$P = G + E \quad (1), \quad \text{onde,}$$

P = fenótipo,
G = genótipo e
E = ambiente.

4

HERDABILIDADE

No tocante ao melhoramento genético, a herdabilidade de uma característica é uma de suas propriedades mais importantes.

A herdabilidade é representada por h^2 e expressa a proporção da variância total que é atribuível aos efeitos médios dos genes, ou seja, à variância genética aditiva.

No estudo de características quantitativas, a principal função da herdabilidade é seu caráter preditivo, ou seja, ela expressa o grau de confiança do valor fenotípico como indicador do valor genético.

Em outras palavras, a herdabilidade mede o grau de correspondência entre fenótipo e valor genético que é, em última instância, aquilo que influencia a próxima geração.

Pode, ainda, ser definida de acordo com a variância genética envolvida, sob dois pontos de vista, herdabilidade no sentido amplo e herdabilidade no sentido restrito.

A primeira definição envolve uma razão entre variância genética total e variância total, $h^2 = s_g^2 / (s_g^2 + s_e^2)$. A segunda é representada pela razão entre a variância genética aditiva e a variância total, $h^2 = s_a^2 / (s_g^2 + s_e^2)$, onde $s_g^2 = s_a^2 + s_d^2$, sendo s_a^2 e s_d^2 as variâncias genética aditiva e de dominância, respectivamente.

5

INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE

A não linearidade da resposta de alguns genótipos à mudança de ambiente resulta na existência de fenótipos distintos como produtos desta interação.

É dito existir interação entre genótipo e ambiente toda vez que a expressão de determinado genótipo for dependente do ambiente onde ele é avaliado. A existência desta interação resulta na modificação da expressão representada em 1, que se transforma em:

$$P = G + E + GE \quad (2), \quad \text{onde,}$$

GE representa a interação genótipo-ambiente.

Apesar de ser básico, do ponto de vista genético, quer seja concernente aos parâmetros e/ou às mudanças genéticas, quer seja relativo ao progresso genético, torna-se importante a variação existente nas características. Essas variações, expressas como variâncias, podem ser de origem genética, fenotípica, ambiental, ou ainda, oriunda de combinações entre estas.

Assim, ao se medir os componentes de variância, tal componente de interação cria uma variação adicional que resulta em uma modificação da equação 2, que se torna igual a:

$$VP = VG + VE + VGE \quad (3)$$

Quanto mais distantes forem os genótipos e/ou os ambientes mais marcante e fácil de identificar será o efeito dessa interação. Essa interação pode se expressar de diferentes formas e com diferentes intensidades, sendo que a expressão mais extrema pode ser representada pela inversão de posicionamento de um determinado genótipo com sua mudança para outro ambiente diferente daquele onde foi obtido primeiro posicionamento. Isto pode ser melhor visualizado considerando-se o seguinte exemplo: supondo-se que um teste de avaliação comparativa entre duas raças, A e B, tenha sido desenvolvido em dois ambientes distintos representados pelas letras X e Y. Os resultados revelaram que enquanto a raça A foi superior à raça B no ambiente X, a raça B superou a raça A no ambiente Y (Fig. 1).

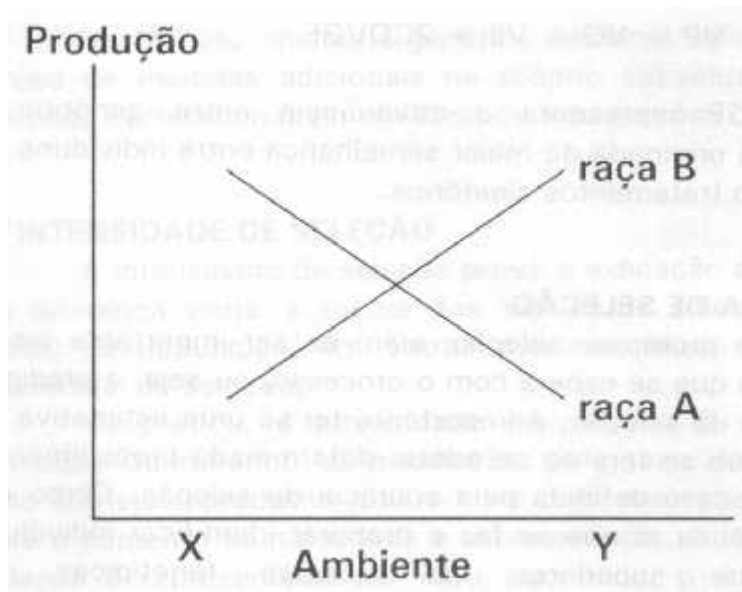


FIG. 1. Ilustração da interação genótipo-ambiente em uma situação onde houve mudança de ordenamento da raça com o ambiente.

Fonte: Euclides Filho (1997).

Outra relação importante envolvendo genótipo e ambiente surge pelo tratamento diferenciado dado a determinados indivíduos, ou genótipos, como é o caso, por exemplo, de vacas leiteiras de alta produção que recebem suplementação alimentar de concentrados em função do nível de produção.

Outro exemplo comum, em gado de corte, é o tratamento diferenciado concedido a filhos de determinados touros que recebem leite de ama-seca e suplementação concentrada no cocho.

Essa condição também altera a equação 2, pois cria uma correlação entre genótipo e ambiente. Neste caso, a variância fenotípica seria acrescida de duas vezes a covariância entre genótipo e ambiente, e a equação 3 se transformaria em:

$$VP = VG + VE + 2COVGE \quad (4)$$

onde, COVGE representa a covariância entre genótipo e ambiente e é originada da maior semelhança entre indivíduos do que seria sob tratamentos aleatórios.

ACURÁCIA DE SELEÇÃO

Ao se promover seleção, além de ser importante ter-se uma idéia do que se espera com o processo, ou seja, a predição do resultado da seleção, é importante ter-se uma estimativa da segurança que se terá ao se adotar determinado procedimento. Esta segurança é definida pela acurácia da seleção.

Como em seleção genética, o que se faz é procurar identificar indivíduos geneticamente superiores via medidas fenotípicas, há necessidade de uma boa relação entre o fenótipo e o genótipo. Uma medida de associação entre duas variáveis é dada pelo coeficiente de correlação (r). Quanto mais relacionadas forem as duas variáveis, mais próximo de 1 será o r , ou seja, mais acuradamente uma variável é predita pela outra. Logo, a acurácia de uma predição é diretamente relacionada com a magnitude do coeficiente de correlação entre elas.

Como descrito anteriormente, herdabilidade é definida como sendo a fração entre a variância genética aditiva e variância fenotípica total.

$$h^2 = O_a^2 / O_p^2$$

como r_{gp}^2 representa a fração da variância fenotípica total associada à variação média dos valores genéticos, que por definição, é h^2 , logo $r_{gp}^2 = h^2$.

Assim, a acurácia de seleção está diretamente relacionada com a herdabilidade da característica. Desta forma, para h^2 altas, a seleção pelo fenótipo do indivíduo possibilita a identificação acurada de valores genéticos desejáveis. Para h^2 baixas, no entanto, maiores erros serão cometidos ao se selecionarem animais baseando-se no seu próprio desempenho, ou seja, desempenho individual.

Neste caso, melhoria genética adicional seria obtida com

- i) uso de medidas adicionais no próprio indivíduo;
- ii) uso de medidas correlacionadas, e
- iii) uso de informações de parentes.

INTENSIDADE DE SELEÇÃO

A intensidade de seleção provê a indicação da magnitude da diferença entre a média dos indivíduos selecionados e a média da população, em outras palavras, ela é medida pelo diferencial de seleção.

Na prática, a intensidade de seleção é limitada pela estrutura do rebanho ou população, pela taxa de reprodução, pelo manejo reprodutivo utilizado, e pelo manejo geral voltado para o aumento de natalidade e sobrevivência.

A intensidade de seleção é representada por i ou z/p , onde, p é a proporção selecionada e z é a altura da curva normal no ponto de truncamento, ou seja, no ponto acima do qual os indivíduos são selecionados. Ela nada mais é do que o diferencial de seleção expresso em termos de desvio-padrão da característica.

O produto $i \times$ desvio-padrão, fornece o diferencial de seleção máximo possível de ser atingido em uma dada população, dada a percentagem que deve ser selecionada.

VARIABILIDADE GENÉTICA

No conceito de variabilidade genética, ou melhor dizendo, na sua existência, reside toda capacidade de se promover seleção, e conseqüentemente melhoramento genético.

À medida que se processa um programa de seleção eficaz, e que este se perpetua por muitas gerações mantendo-se o mesmo critério de seleção, há uma redução no nível de variabilidade genética como

resultado do incremento de homozigose. Além disso, um certo grau de homozigose é gerado por níveis variáveis e inevitáveis de consangüinidade.

Certo grau de consangüinidade é dito ser inevitável em função de que determinados indivíduos selecionados são utilizados de maneira intensa, o que tem como consequência o acasalamento de indivíduos com algum grau de parentesco maior do que aquele que ocorreria em estrutura totalmente aleatória de acasalamentos.

Para melhor entendimento da variabilidade genética, e principalmente, sua importância, há necessidade de se conhecer a constituição genética da população.

9

MUDANÇA GENÉTICA

Ao se desenvolver um programa de Melhoramento Genético, o que se busca, em última instância, é a modificação da estrutura genética da população, pelo aumento das freqüências dos genes desejáveis. Pode-se expressar a mudança genética esperada, ou seja, aquela resultante da seleção, como sendo o produto da herdabilidade da característica sob seleção (h^2) pelo diferencial de seleção (D_s). Enquanto este representa a diferença fenotípica entre a média dos indivíduos selecionados para pais ($s_m - s$) para aquela geração, aquela, como mostrado anteriormente, representa a fração da variância fenotípica observada que é creditada a diferenças genéticas aditivas. Matematicamente, é representada por:

$$DG = h^2(D_s), \text{ onde } D_s = s_m - s.$$

A taxa de mudança, ou eficácia do processo seletivo, depende dos seguintes fatores: i) acurácia do processo seletivo; ii) intensidade de seleção; iii) variação genética da característica selecionada, e iv) intervalo entre gerações. Assim, ela pode ser expressa da seguinte forma:

Expressando o diferencial de seleção em termos de desvio-padrão fenotípico (s_p), tem-se:

$$DG = i \cdot h^2 \cdot s_p, \text{ desde que: } D_s = i \cdot s_p. \text{ Assim,}$$

$$DG = i \cdot h \cdot s_a, \text{ desde que: } h = s_a / s_p. \text{ Dessa forma, o progresso anual será:}$$

$$DG = i \cdot h \cdot s_a / IG, \text{ sendo IG o intervalo de gerações.}$$

No entanto, apesar de a quantificação da mudança genética ser importante não só para monitoramento do progresso genético, como também, para correção de rumos, o que é realmente importante é predição. A possibilidade de se prever as mudanças genéticas que se podem promover torna o investimento mais atrativo e seguro. Outro fator de importância fundamental, neste contexto, é a segurança que se tem na predição que é feita. Esta é representada pela denominada acurácia (h).

A equação DG pode ser expressa como equação de predição. Considerando-se que o valor genético predito para uma geração futura é $\hat{G}$, e que $\hat{G}$ é igual ao valor genético médio do rebanho $\bar{G}$ mais a superioridade genética média dos animais selecionados tem-se:

$$\hat{G} = \bar{G} + (\bar{G}_s - \bar{G}), \text{ onde, } \bar{G}_s - \bar{G} = DG = h^2(D_s).$$

$$\text{Segundo 1, } D_s = \bar{P}_s - \bar{P}, \text{ logo,}$$

$$\hat{G} = \bar{G} + h^2(\bar{P}_s - \bar{P}).$$

h^2 , como já vimos, é a herdabilidade da característica e esta pode ser expressa como um coeficiente de regressão. No caso de seleção individual, ela representa a regressão do valor genético sobre o valor fenotípico representado por b_{gp} , ou seja, é a mudança no valor genético médio por unidade de seleção

fenotípica. Assim, a equação 2 pode ser escrita como:

$$DG = b_{gp} (\bar{P}_s - \bar{P}). \quad 5$$

Como $b_{gp} = COV_{gp}/s_{gs\ p}$, pode-se desenvolver

$$b_{gp} = COV_{gp}/s_{gs\ p} \times s_g/s_p = r_{gp} \cdot s_g/s_p$$

desde que $r_{gp} = COV_{gp}/s_g^2$. Assim, a equação 5 torna-se:

$$DG = r_{gp} \cdot s_g/s_p (\bar{P}_s - \bar{P}).$$

O desvio da média dos pais selecionados da média da população, $(\bar{P}_s - \bar{P})$, pode ser expresso em termos de desvio-padrão, uma vez que a maioria das características economicamente importantes segue, de modo geral, uma distribuição normal. Desta forma, $\bar{P}_s - \bar{P} = i s_p$, onde, i = diferencial de seleção em termos de desvio-padrão e s_p é o desvio-padrão da característica.

A equação de DG então pode ser reescrita como:

$$DG = r_{gps\ g}/s_p i s_p = r_{gp} i s_g.$$

Assim, os fatores que influenciam a mudança genética são:

- i) correlação genética entre valor genético e o fenótipo (r_{gp});
- ii) intensidade de seleção em unidades de desvio-padrão (i), e
- iii) desvio-padrão dos valores genéticos (s_g). Como em 1a, para se ter a resposta esperada por ano, divide-se o lado direito da equação pelo intervalo entre gerações.

A Diferença Esperada na Progênie é uma estimativa de como deve ser o desempenho das progênies futuras de um determinado indivíduo com relação à progênie de outros que participaram da avaliação. Vale ressaltar, no entanto, que isto tem como pressuposto que todos os touros foram acasalados com vacas comparáveis e suas progênies foram manejadas de forma semelhante.

As diferenças entre progênies de um reprodutor tendem a zero dependendo do número e da distribuição das progênies envolvidas nas comparações (diferenças) e da h^2 da característica.

$$DEP = b(\bar{X}_s - \bar{X}_p) \text{ onde,}$$

b é o coeficiente de regressão que depende do número de progênies e da h^2 ;

$\bar{X}_s$ é a média da progênie do reprodutor s ; e

$\bar{X}_p$ é a média das progênies dos outros reprodutores envolvidos na avaliação.

Para o modelo touro, por exemplo, ter-se-ia:

$$b = n/(n + s_e^2/s_s^2) = n/n + (4 - h^2)/h^2, \text{ onde}$$

s_s^2 é a variância de reprodutor; e

s_e^2 é a variância residual.

É importante ressaltar que para se selecionar um indivíduo, a primeira tarefa é obter estimativas acuradas dos valores genéticos dos animais disponíveis para seleção. Boas predições dependem da qualidade dos dados, qualidade das estimativas de parâmetros genéticos e do uso de modelos apropriados.

A taxa de melhoramento genético, ou progresso genético, depende da acurácia da seleção, intensidade de seleção e da variação genética existente. Neste processo, o reprodutor tem importância fundamental, uma vez que sua contribuição para a geração seguinte é muito maior do que a das fêmeas, e será tanto maior quanto maior for o uso da inseminação artificial.

O mérito individual é importante neste contexto, embora, informações de ancestrais, parentes colaterais e progênie sejam de grande auxílio à seleção.

Modernamente, as avaliações genéticas são conduzidas pela metodologia dos modelos mistos utilizando-se do modelo touro e, cada vez mais, do modelo animal para estimação do mérito genético dos indivíduos e posterior seleção.

O modelo animal, por utilizar informações de todos indivíduos e considerar as relações de parentesco existentes entre os animais em avaliação, promove maior acurácia nas estimativas de mérito genético obtidas, permite identificação do mérito genético médio por ano, e por isso, possibilita uma avaliação da tendência genética.

Tal modelo possibilita, ainda, a obtenção da estimativa da capacidade genética de transmissão para todo indivíduo avaliado, mesmo para animais jovens, e por conseguinte, sem progênie. Essa capacidade de transmissão é representada, na grande maioria das avaliações hoje em andamento, pelo que se convencionou chamar de DEP. Além disso, quando a análise for multivariada, e considerar todos os indivíduos para a característica com base na qual se fez a seleção, é possível levar-se em conta a seleção seqüencial.

É importante ressaltar que o viés imposto por outros tipos de seleção, como por exemplo, acasalamento preferencial, não é considerado nem mesmo pelo modelo animal.

Vários trabalhos de pesquisa vêm sendo desenvolvidos para solucionar problemas como estes, podendo ser citada, para o caso de seleção baseada no fenótipo, a metodologia desenvolvida por Brito & Fries (1994). No entanto, várias outras considerações têm de ser feitas com respeito a vieses introduzidos quando da avaliação genética. Pode-se citar interação genótipo-ambiente, uso de touros múltiplos e avaliações de raças múltiplas entre outras.

Por basear-se na metodologia das equações de modelos mistos, as soluções obtidas para os efeitos genéticos são ajustadas para os efeitos fixos. Estas soluções, por se referirem a efeitos aleatórios são chamadas de preditores, ou seja, permitem a predição de seus efeitos na expressão de fenótipo. Por essa razão são chamadas de BLUP ("Best Linear Unbiased Predictor"), ou melhores preditores não-viesados; enquanto que as estimativas dos efeitos fixos estimam a importância de tais efeitos para uma determinada avaliação. Assim, essas são ditas serem BLUE ("Best Linear Unbiased Estimator"), ou melhores estimadores não-viesados.

As principais fontes de vieses, mais comuns em dados coletados no campo, são, segundo Euclides Filho (1995): seleção, acasalamentos dirigidos, informação incompleta de pedigree, paternidade duvidosa, correlações genéticas entre características selecionadas separadamente como univariadas, heterogeneidade de variância, interação genótipo-ambiente, análise conjunta de diversas raças e/ou cruzamentos, seleção seqüencial etc.

VALOR GENÉTICO E DIFERENÇA ESPERADA NA PROGÊNIE

Valor genético de um indivíduo pode ser definido como sendo igual a duas vezes o desvio da média de seus filhos, considerando-se um grande número deles, da média da população. A DEP representa a metade do valor genético do animal, e indica a capacidade de transmissão genética de determinado indivíduo, para uma característica particular.

Vale ressaltar que uma das definições de herdabilidade (h^2) é a regressão do valor genético sobre o valor genotípico, $h^2 = b_{ap} = \text{cov}_{ap}/s_p^2 \times s_a^2/s_p^2$. Nesse contexto, a estimativa de valor genético do indivíduo ($\hat{A}$) é: $\hat{A} = h^2.P$. Onde P é o fenótipo, ou seja, é aquilo que se está mensurando. Desta fórmula pode-se depreender a grande importância da h^2 para o melhoramento genético animal.

Como o que se mede no indivíduo é seu fenótipo, P, a h^2 é um fator de ponderação que permite converter o fenótipo em um representante do componente genético aditivo que é o que se transmite de uma geração à outra. Esse fator de ponderação varia de acordo com as informações utilizadas, que podem ser provenientes do próprio indivíduo, filhos, pais, parentes colaterais, ou de uma combinação entre estas, sendo a h^2 um fator de ponderação para seleção baseada em desempenho individual.

A DEP é um número que representa uma estimativa do mérito genético médio das informações contidas nos gametas de determinado indivíduo. Pela forma como ela é estimada, encerra um atributo de comparação. Assim, dentro de uma população que foi submetida a uma avaliação genética, pode-se decidir sobre a utilização de dois animais comparando-se suas DEPs.

Considere-se dois animais, A e B, com DEPs iguais a +15 e -10, respectivamente (a unidade será aquela correspondente à característica que se deseja comparar. Caso seja peso à desmama, por exemplo, a unidade será kg). Nesse caso, a diferença entre as DEPs desses dois animais é 25. Isso significa que considerando um grande número de filhos oriundos do acasalamento de cada um desses indivíduos com fêmeas de méritos genéticos comparáveis, a média daqueles provenientes de A deve superar em 25 unidades aquela resultante da progênie de B.

CONSTITUIÇÃO GENÉTICA DE UMA POPULAÇÃO

O conhecimento dos fatores que influenciam a composição genética de uma população se constitui em uma das bases teóricas do melhoramento genético animal.

A descrição genética de um grupo de indivíduos é feita pela especificação de seus genótipos e do número de indivíduos que os compartilham, ou seja, pelo conhecimento de suas frequências gênicas e genotípicas.

Consideremos, como exemplo, um *locus* A com dois alelos, A_1 e A_2 . Dessa forma, com respeito a este *locus*, poderá haver três tipos possíveis de genótipos, A_1A_1 , A_1A_2 e A_2A_2 . Como se vê, a constituição genética da população ou grupo será totalmente descrita pelas frequências destes três genótipos entre os indivíduos que a compõe.

Entende-se por frequência genotípica, a percentagem em que determinado genótipo se apresenta no grupo. Se metade dos indivíduos for, por exemplo, do genótipo A_2A_2 , a frequência deste genótipo será 0,50 ou 50%. Depreende-se que as frequências de todos os genótipos perfazem 100% ou 1.

É importante ressaltar, contudo, que em se analisando a genética de uma população, a preocupação não é só com sua constituição genética, mas também com a transmissão dos genes de uma geração à seguinte. No processo de transmissão de genes, os genótipos dos pais são quebrados, há separação dos alelos em cada um dos *loci*, e há uma nova composição nos filhos.

Assim, a constituição genética de uma população com respeito aos genes que ela possui é descrita pela frequência gênica, que nada mais é que a descrição de quais são os alelos presentes em cada um dos *loci* e suas proporções. Considerando-se A_1 como sendo um alelo do *locus* A, a frequência do gene A_1 é a

proporção, ou a percentagem de todos os genes, deste *locus*, que são A_1 . Neste caso, também, a frequência de todos os alelos em qualquer *locus* perfaz a unidade ou 100%.

A frequência gênica pode ser determinada pela frequência genotípica. De forma geral, pode-se expressar as frequências gênica e genotípica da seguinte maneira: considere as seguintes frequências:

$$\begin{array}{ll} A_1 = p & A_1A_1 = P \\ A_2 = q & A_1A_2 = H \\ & A_2A_1 = H \\ & A_2A_2 = Q \end{array}$$
$$p + q = 1 \quad e \quad P + H + Q = 1.$$

Como cada indivíduo possui dois genes, a frequência de A_1 é $1/2(2P + H)$. Depreende-se daí que

$$p = P + 1/2H$$

$$q = Q + 1/2H.$$

As propriedades genéticas da população, por dependerem da frequência gênica, serão modificadas por qualquer alteração que ocorra no processo de transmissão dos genes de uma geração para outra. Vários são os agentes capazes de alterar as propriedades genéticas de uma população, dentre os quais podem-se citar:

- i) tamanho da população;
- ii) diferenças de fertilidade e viabilidade;
- iii) seleção;
- iv) migração;
- v) mutação, e
- vi) sistemas de acasalamento.

12.1. Tamanho da População

Para melhor entendimento de seu efeito sobre a frequência gênica, deve-se definir tamanho ideal e tamanho efetivo de população. A importância destes conceitos torna-se mais clara à medida que se leva em consideração que é uma amostra de genes de uma determinada população que será transmitida à próxima. Assim, a frequência gênica na progênie será influenciada pela variação amostral que será tanto maior quanto menor for o número de pais.

Tamanho efetivo de população representa o número de indivíduos que contribuem efetivamente para a variância de amostragem, ou taxa de consangüinidade, desde que acasalados de acordo com as premissas da população ideal que podem ser, segundo Falconer (1981), resumidas simplesmente no seguinte: "é aquela na qual a variação de amostragem é tão pequena que pode ser desconsiderada".

12.2. Diferenças de fertilidade e viabilidade

Diferenças em fertilidade e/ou viabilidade apresentadas por diferentes genótipos resultam em contribuição desuniforme, por parte dos diversos pais, via gametas produzidos. Isso pode resultar em mudanças na frequência gênica durante a transmissão dos genes para a próxima geração.

12.3. Seleção

A seleção, por determinar quais genótipos participarão da formação da geração subsequente, reduz a amostra de genes capazes de serem encontrados na progênie. Assim, a frequência gênica da progênie pode ser alterada. Tal procedimento é, na verdade, o que se busca em um programa de melhoramento genético, quando se deseja que somente os indivíduos melhores para os atributos de interesse deixem descendentes.

12.4. Migração e mutação

A introdução de indivíduos de populações diferentes e a mutação podem, também, modificar as frequências gênicas de determinada população.

12.5. Sistema de acasalamento

O acasalamento entre indivíduos em uma população é responsável pelos genótipos da próxima geração. Assim, a frequência genotípica de uma geração depende dos genótipos dos indivíduos que se acasalaram na geração anterior.

Numa população grande, na ausência de seleção, migração, mutação e em presença de acasalamentos aleatórios, as frequências gênica e genotípica serão constantes de uma geração para a próxima. Uma população nestas condições é dita estar em equilíbrio Hardy-Weinberg. Nestas condições existe uma relação entre as frequências gênica e genotípica que é de extrema importância em genética de populações e genética quantitativa.

Essa relação é a seguinte: em sendo as frequências gênicas de dois alelos entre os pais, p e q , as frequências genotípicas entre os filhos será: p^2 , $2pq$ e q^2 . Além disso, considerando-se que esta população ideal de N indivíduos é constituída de metade de machos e metade de fêmeas acasalando-se ao acaso e cada progênie tendo chance igual de ser filho de qualquer pai, a variância da mudança em " q " será, segundo Wright (1931), igual a $s^2\Delta_q = pq/2N$. No entanto, na prática isto não é observado, e o que se verifica é o fenômeno chamado de deriva genética. Assim, a população terá um número efetivo de pais (N_e), ou seja, pais que realmente contribuem para a formação da geração subsequente. Desta forma, $s^2\Delta_q = pq/2N_e$.

A escolha dos indivíduos que se acasalarão, ou mais especificamente, daqueles que deixarão descendência, constitui-se no processo de seleção.

A outra forma de se intervir no processo de formação da geração seguinte utilizando-se de controle de acasalamento é pela utilização de cruzamentos. Por isso, o manejo do acasalamento é de fundamental importância para que se possa obter progresso genético. No entanto, atenção especial tem de ser dada a dois aspectos resultantes desse manejo, quais sejam, consangüinidade e número efetivo de animais.

Enquanto o primeiro está relacionado com o uso de indivíduos aparentados como pais, o segundo refere-se ao número de ancestrais que se encontram representados na população atual. A consangüinidade é prejudicial, pois atua negativamente na expressão da característica e, por isso, deve ser evitada e/ou mantida em níveis baixos.

O número efetivo de animais assume importância fundamental quando do desenvolvimento de um grupo genético a partir de cruzamentos. Caso esse número seja reduzido, a população formada após a estabilização dos cruzamentos sofrerá rapidamente a deterioração proveniente do aumento da consangüinidade.

Os cruzamentos são utilizados para atendimento de diversos objetivos. Dentre esses pode-se mencionar a exploração efetiva da heterose. Heterose pode ser definida como sendo o desvio do desempenho da progênie da média dos grupos genéticos dos pais, ou seja,

$$H = \frac{\text{média da progênie} - \text{média dos pais}}{\text{média dos pais}} \times 100$$

Para maiores discussões sobre heterose, sua base genética e sua relação com heterozigose sugere-se consultar Euclides Filho (1996a).

Os cruzamentos, segundo Euclides Filho (1996a), podem apresentar três sistemas principais:

- i) cruzamento simples;
- ii) cruzamento contínuo;
- iii) cruzamento rotacionado ou alternado.

12.5.1. Cruzamento simples

É definido como sendo o sistema de acasalamento envolvendo somente duas raças com produção da primeira geração de mestiços, os chamados F1s, sendo abatidos machos e fêmeas, não havendo, portanto, continuidade e conseqüentemente, não há formação das gerações subseqüentes.

12.5.2. Cruzamento contínuo

Também chamado de cruzamento absorvente, tem a finalidade precípua de substituir uma raça ou determinado grupo genético por outro, pelo uso continuado de uma delas.

12.5.3. Cruzamento rotacionado ou alternado contínuo

É aquele em que a raça do pai é alternada a cada geração e pode ser estabelecido com duas ou mais raças.

Cada um desses sistemas pode ser conduzido com diferentes tipos de cruzamentos. Para gado de corte, segundo Euclides Filho (1996b), os tipos de cruzamento mais importantes hoje são:

12.5.3.1. Uso de touros F1s

A utilização desse esquema de cruzamentos, quer seja em sistema de cruzamento simples, quer seja em sistema rotacionado, resultará de heterozigose inferior àqueles obtidos com reprodutores puros.

12.5.3.2. Formação de populações compostas

O desenvolvimento de programas de cruzamento com esse objetivo tem sido retomado mais recentemente dentro de uma nova visão e em novas bases. Como discutido anteriormente, para se evitarem níveis elevados de consangüinidade quando da formação do novo grupo genético, tem-se de garantir que os representantes de todas as raças envolvidas sejam animais provenientes ou filhos de um grande número de touros geneticamente diferentes.

Outra forma de se evitarem incrementos significativos e prejudiciais de consangüinidade é manter-se a população composta como população aberta. Nesse caso, novos indivíduos oriundos de cruzamentos seriam continuamente incorporados à população.

12.5.3.3. Cruzamento terminal

Também chamado cruzamento industrial, possibilita uso máximo de heterose e da complementaridade. Além disso, viabiliza grande flexibilidade na escolha da raça terminal, o que garante rápidos ajustes a demandas de mercado ou a imposições do sistema de produção.

12.5.3.4. Rotacionado terminal

Nesse caso, 45% a 50% das fêmeas são acasaladas em um sistema rotacionado com a finalidade de se produzirem fêmeas de reposição. As fêmeas restantes, as mais velhas, são acasaladas com touro de raça terminal. Tanto nesse tipo quanto no anterior, todos os animais, machos e fêmeas, oriundos do cruzamento terminal são destinados ao abate.

13.1. A arte e a sensibilidade a serviço da produção

Contribuindo para a ocupação territorial desde o descobrimento do Brasil, e para expansão da fronteira agrícola, até os dias atuais, destaca-se o bovino de corte como elemento histórico do desenvolvimento brasileiro. Aliado a ele destacam-se, ainda, a perseverança, o espírito empreendedor e a dedicação dos criadores brasileiros de bovinos.

Essa combinação se constituiu na mola propulsora da pecuária nacional e tem servido de base para o desenvolvimento do melhoramento animal no país. Como mencionado por Domingues (1975), com os erros e acertos dos criadores é possível estabelecer um caminho para a ciência. A pecuária de corte brasileira é, sem dúvida, prova concreta disso.

Nos três primeiros séculos após o descobrimento do Brasil, os animais domésticos tinham finalidade precípua de trabalho, alimentação e agasalho e eram criados de forma extrativista e empírica. A criação orientada para produção com intuito comercial só teve início nos primórdios do século XIX, a partir das primeiras importações do gado bovino da Índia.

Assim, inicia-se um processo de seleção empírico que teve como objetivo principal, a fixação de características ligadas à forma e à beleza. Essa fase teve importância fundamental por possibilitar a padronização racial, que resultou não só no estabelecimento das diferentes raças de origem indiana, mas, principalmente, pelo fato de que estas se formaram com padrões indiscutivelmente brasileiros.

13.2. Reconhecimento de uma necessidade e estabelecimento dos meios

Em fins do século passado, início deste, segundo Caielli (1991), já havia preocupação com a pesquisa em melhoramento genético animal no Brasil. De acordo com este autor, o programa da área de zootecnia do Estado de São Paulo estabeleceu, nesta época, entre outras coisas, a necessidade de se estudarem as aplicações e os resultados possíveis da seleção das raças e variedades locais com o fim de aperfeiçoar, fixar e hibridizar com raças exóticas.

Paralelamente, procurava-se determinar quais destas últimas deveriam ter suas introduções incentivadas tanto para cruzamento quanto para aclimação.

14

O MELHORAMENTO GENÉTICO DOS ANIMAIS DOMÉSTICOS NO BRASIL

14.1. Melhoramento genético em bovinos de corte, início do melhoramento animal no Brasil

Ao final da primeira década deste século, consolida-se a preocupação do meio científico para com o melhoramento genético animal. Neste período, o país experimentou grande esforço governamental representado pela fundação de diversas estações experimentais, cuja finalidade básica era a seleção genética. Assim, é que em Nova Odessa, SP, foi instalado um posto pecuário com o objetivo de selecionar tanto o gado Mocho Nacional quanto o Caracu.

Vale ressaltar que com o surgimento desta consciência, o peso final, pela importância econômica crescente que vinha apresentando, destacou-se como meta a ser perseguida. Portanto, este constitui-se como elemento fundamental de seleção. Deu-se, assim, início àquela que pode ser denominada era do desenvolvimento ponderal. A este tempo, possivelmente em razão dos resultados observados nos produtos oriundos dos cruzamentos entre o gado existente no Brasil e o gado zebuino de importação recente, cresce a demanda por informações de cruzamentos deste gado com raças européias.

Assim, a necessidade de participação do cruzamento no processo de melhoramento genético fez com que o governo do Estado de São Paulo, em 1915, estabelecesse a criação de gado exótico em algumas estações experimentais. Esse trabalho teria, além da função de selecionar aquelas raças mais adaptadas ao meio brasileiro, a de avaliar seus cruzamentos com o gado Nacional. Neste período, segundo Caielli (1991), em Nova Odessa, além da seleção do Caracu e Mocho Nacional, iniciou-se a criação de "Polled Angus", "Hereford" e "Schwytz". Criava-se, ainda, na fazenda Amparo, localizada no Estado de São Paulo, o gado "Red Poll".

14.2. Consolidação do trabalho e resultados experimentais

A década de 1940 caracterizou-se pelo trabalho dedicado que tinha, como objetivo primordial, o desenvolvimento de uma raça nacional que aliasse à rusticidade e adaptabilidade do zebu, o maior potencial de produção do gado europeu. Assim, é que se constituíram as raças Canchim e Ibagé, que foram seguidas nas décadas subseqüentes pelas raças Pitangueiras, Lavínia, Santa Gabriela e outras. Neste período floresceram os trabalhos voltados à caracterização biológica no tocante a características reprodutivas e desempenho ponderal tanto quanto os estudos comparativos. A fase seguinte caracterizou-se pelos estudos relacionados com a determinação de parâmetros genéticos que foram seguidos de trabalhos mais intensos de cruzamentos.

A partir de 1949, iniciaram-se os trabalhos integrados em bovinos de corte com maior participação do produtor. Sob a coordenação de Fidelis A. Neto e Afonso G. A. Tundisi, tiveram início os concursos de boi gordo. Tais eventos tinham como objetivo precípua orientar os criadores e invernistas na seleção e criação de animais capazes de produzir carne o mais precocemente possível (Martins, 1991).

No início dos anos de 1950, consolidou-se a Estação Experimental de São José do Rio Preto, SP, iniciando-se o trabalho de seleção do gado nelore. Neste período, em Ribeirão Preto, SP, foi criada uma estação experimental voltada para seleção e criação do gado gir. A seleção do gir tem, no entanto, na estação de Umbuzeiro na Paraíba, PB, seu primeiro centro de seleção. Segundo Domingues (1966), a seleção deste gado se iniciou, nesta estação experimental, na década de 1930. Ainda no final desta década, foi criada em Uberaba, MG, a Fazenda Experimental de Criação. Assim, segundo o autor, essas duas estações são as pioneiras no estudo e melhoramento do gado zebu no Brasil.

Em 1951, iniciaram-se, sob a coordenação de João B. Villares, as provas de ganho de peso com o objetivo de identificar animais geneticamente superiores para desenvolvimento ponderal.

Testes de progênie de touros zebuínos também foram iniciados nesta década, e alguns resultados destes foram discutidos por Carneiro & Memória (1959). Nesta mesma época, a integração universidade-produtor possibilitou o desenvolvimento de estudos de avaliação e caracterização das diversas raças bem como o estudo dos efeitos fixos com a finalidade de estabelecimento de possíveis fatores de correção, como atestam os resultados do trabalho de Mattoso (1959). Este autor, utilizando informações coletadas de 1949 a 1956, estudou o desenvolvimento ponderal de animais das raças Indubrasil, Gir, Nelore e Guzerá pertencentes à Fazenda Experimental de Criação de Uberaba e concluiu que ano, período do ano e sexo eram fontes que influenciavam os pesos do nascimento aos 30 meses de idade independentemente da raça, sendo que os machos eram sempre mais pesados que as fêmeas.

Outra observação importante feita pelo autor diz respeito às relações existentes entre os pesos em diferentes idades. Uma das conclusões do trabalho sugere que as provas de ganho de peso podem ser conduzidas com animais jovens, uma vez que os pesos às diversas idades são correlacionados. Ainda como conclusão deste trabalho observou-se que raça foi um importante fator de variação de peso em todas as idades estudadas. A Gir foi a mais leve das quatro raças. A Nelore apesar de mais pesada que a Gir foi mais leve que Indubrasil e Guzerá. As raças Indubrasil e Guzerá não foram diferentes entre si (Tabela 1).

Outros autores como Jordão & Assis (1939); Jordão & Veiga (1939); Jordão & Santiago (1940); Abreu (1949); Chieffi et al. (1950); Fontes (1950); Veiga et al. (1955), citado por Mattoso (1959), também verificaram a importância desses efeitos, ambiente e sexo, sobre o desempenho de animais de diferentes raças zebuínas de corte. No gado leiteiro, podem-se citar os trabalhos de Peixoto (1965), citado por Domingues (1966), que estudou aspectos de crescimento, eficiência reprodutiva e produção de leite de mestiços da raça Guernsey e, Carneiro & Lush (1948), em mestiços de Simental.

TABELA 1. Pesos médios, a diferentes idades, de animais das raças Nelore, Guzerá, Gir e Indubrasil, de acordo com o sexo.

	Raça										
Idade	Nelore			Guzerá			Gir			Indubrasil	
	Macho	Fêmea		Macho	Fêmea		Macho	Fêmea		Macho	Fêmea
Nascimento	26,2	23,3		28,3	26,7		21,7	20,7		27,7	25,2
Desmama	153,0	139,2		167,5	150,8		132,3	122,4		168,8	156,7
12 meses	201,8	176,6		230,0	198,8		189,0	165,2		227,4	202,4

Fonte: Adaptado de Mattoso (1959).

No final dos anos de 1960, outra iniciativa, a criação do Programa de Controle de Desenvolvimento Ponderal (CDP) pela Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ), estabeleceu as bases necessárias a um novo impulso no melhoramento animal de zebuino de corte. Tal programa teve, como paralelo, o Programa de Melhoramento de Bovinos (PROMEBO), estabelecido para gado europeu sob a responsabilidade do "Herd Book Collares". O controle leiteiro continua sendo instrumento importante de avaliação para o gado de leite. Como toda mudança, essas vieram impulsionadas pela exaustão da seleção fenotípica.

No entanto, para que se estabelecessem programas de seleção fundamentados essencialmente em parâmetros genéticos era necessário que se processassem as estimações, bem como se ampliasse a base de informações sobre a importância de fatores de ambiente.

Assim, a próxima etapa nesta evolução do melhoramento genético animal no Brasil foi constituída pelos trabalhos de determinação de parâmetros genéticos, fase que também se caracterizou pelo início de formação de um número maior de profissionais treinados em melhoramento genético animal. Neste aspecto podem-se citar, para gado de corte, os resultados de Torres (1961), Andrade (1973), Durães (1975), Miranda et al. (1975), Torres (1976), Euclides Filho (1977) e Figueiredo (1977).

14.3. Estabelecimento de programas abrangentes de melhoramento animal

Constituída esta base inicial, os esforços, tanto em seleção quanto em cruzamentos, foram ampliados. Desta forma, foram estabelecidos programas de avaliação e seleção dentro de rebanhos de corte e de leite. Em rebanhos de corte, o critério de seleção era constituído de peso à desmama, ao ano e aos dois anos de idade; com o tempo este critério evoluiu para além do peso, incluiu o ganho de peso. Mais tarde, os pesos mais importantes passam a ser desmama e sobreano. Retomam-se, também, os cruzamentos entre taurinos e zebuínos. Nesta fase inicial, as raças européias de grande porte dominam o cenário.

A partir do final da década de 1970, início dos anos 1980, iniciam-se as avaliações entre rebanhos, permanecendo os mesmos critérios de seleção, e a metodologia utilizada era a de índices, na qual consideravam-se a herdabilidade e o número de filhos por reprodutor. As pressuposições, neste caso, eram:

- i) acasalamentos ao acaso em todos os rebanhos;
- ii) inexistência de seleção; e
- iii) somente indivíduos com filhos acompanhados recebiam avaliação genética.

A segunda metade dos anos de 1980 foi caracterizada pelo início das avaliações genéticas utilizando-se da metodologia dos modelos mistos, tendo como ponto de partida o modelo de touro e evoluindo rapidamente para o uso do modelo animal, que é capaz de levar em consideração:

- i) acasalamentos dirigidos;
- ii) as diferenças genéticas existentes entre grupos;
- iii) DEP para todos indivíduos (no caso do modelo animal), além de possibilitar a estimação de tendências genéticas.

Esse avanço na capacidade metodológica vem sendo acompanhado por adequações nos critérios de seleção que não só se modificam, mas também passam a ser ajustados às diferentes necessidades, quer sejam demandadas por diferentes raças ou grupos genéticos, quer sejam oriundas de necessidades regionais, do sistema de produção e/ou de qualquer outro segmento da cadeia produtiva. Nesse contexto, precocidades reprodutiva e de acabamento assumem importância cada vez maior, com fertilidade, ganho de peso e eficiência de produção. Mais recentemente surgem como demandas adicionais a maciez da carne e, de forma ainda bastante incipiente, a resistência a parasitos, principalmente, ao carrapato (Euclides Filho, 1996a).

Possivelmente, como mencionado por Euclides Filho (1998), pela importância das características peso e ganho de peso para a pecuária de corte, torna-se extremamente importante avaliar-se o efeito do tamanho adulto na eficiência bioeconômica dos sistemas de produção, nas condições brasileiras.

Além das características já mencionadas, merece discussão mais detalhada, mas principalmente, deve ser objeto de esforço conjunto, o desenvolvimento de ações entre o melhoramento genético e outras áreas do conhecimento, especificamente, áreas como nutrição/alimentação, reprodução, fisiologia e biologia molecular para o desenvolvimento de estudos, basicamente de seleção, que possibilitem promover:

- i) mudança da curva de crescimento;
- ii) mudança no nível de ingestão de alimentos;
- iii) incremento da taxa de maturidade;
- iv) redução de taxa metabólica ou na energia necessária para manutenção, e
- v) mudança na capacidade de perdas calóricas.

Tais esforços deveriam ter avaliados seus efeitos e suas interações com outras características economicamente importantes e serem auxiliados pelas novas técnicas, principalmente, no que diz respeito à identificação de marcadores genéticos associados a tais características.

Com respeito à mencionada evolução em termos de metodologia de avaliação genética que vem sendo utilizada, isso pode ser observado, de modo geral, em todas as espécies de animais domésticos explorados economicamente no Brasil. Assim, o gado de leite evoluiu de seleção de touros baseada na capacidade mais provável de produção de suas mães para uso de modelo touro, avô materno e animal. A metodologia mais utilizada para avaliação de vacas e filhos de touros em teste era o método das companheiras de rebanho. Tal procedimento evoluiu segundo a mesma tendência. Vale ressaltar, todavia, que apesar de as metodologias evoluírem e se tornarem eficazes elas são dependentes da estrutura de dados disponível. Dessa forma, é importante que a coleta de dados seja conduzida com critério e orientada para os objetivos finais, ou seja, o objetivo do empreendimento, bem como o critério de seleção, deve estar bem estabelecido.

Em qualquer situação e/ou espécie animal, no entanto, a tendência geral é se promover a avaliação genética para características que possibilitem incrementos bioeconômicos, utilizando-se metodologias que possibilitem maior confiabilidade nas estimativas obtidas.

Nos últimos anos, principalmente pela necessidade de se aumentar a eficiência de produção, a pecuária de corte tem passado por uma reestruturação global que tem trazido uma preocupação crescente com melhoria genética. Essa nova consciência tem resultado na estruturação de grande número de programas de melhoramento genético que deverão, a médio e longo prazos, capacitar a pecuária de corte nacional a competir bioeconomicamente, não só com outras atividades agrícolas, mas, principalmente, com o mercado externo.

Dentre estes programas podem ser mencionados o Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore, sob a coordenação da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; o Programa Nacional de Melhoramento Genético de Zebuínos, coordenado pela ABCZ; o Programa de Melhoramento Genético do Gado de Corte de São Paulo; o Programa de Melhoramento Genético da CFM; o Programa de Melhoramento Genético da Natura; o GENEPLUS, Programa Embrapa de Melhoramento; o Programa de Melhoramento Genético da Granja Rezende; o Programa de Melhoramento Genético coordenado pelo grupo GENSYS consultores, e outros grupos que têm sido formados principalmente após o lançamento do Certificado Especial de Produção (CEIP).

Esse certificado tem por objetivo não só o desenvolvimento de melhoria genética do rebanho de corte nacional, mas também possibilitar que criadores, isolados ou organizados em grupos, de animais sem

registro genealógico, ou mestiços, possam, desde que devidamente orientados e com um projeto aprovado pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAA), emitir um certificado que garanta a qualidade genética de seus animais.

14.4. Critério de seleção *versus* objetivo-fim de um programa de melhoramento genético

À medida que se intensificam os sistemas de produção, e que se aumenta a demanda por eficiência, maior é a necessidade de se ter programas de melhoramento genético bem estruturados, com bom sistema de coleta de dados e com objetivos bem definidos; que sejam orientados para o mercado sem, contudo, desconsiderar as diferentes condições de ambiente geral existentes. Assim, como uma das principais premissas para alcançar sucesso, o programa de melhoramento genético de qualquer espécie animal deve estar fundamentado em objetivos e metas bem definidos, que estes sejam coerentes com a estrutura de mercado vigente e, certamente, condizente com as condições de ambiente geral.

Dessa forma, é importante definir-se claramente o que é objetivo-fim de um programa de melhoramento genético e o que se entende por critério de seleção. Denomina-se objetivo-fim, ou simplesmente objetivo em melhoramento genético, a combinação de atributos de importância econômica que se busca nos indivíduos, ou seja, aquilo que se deseja melhorar. Isso quer dizer que a mudança genética deve ser direcionada no sentido de atender ao mercado. Dessa forma, e somente assim, haverá retorno econômico no empreendimento. A sua definição é ditada pelo mercado, limitada pelo ambiente geral e norteadas pela rentabilidade. Uma vez estabelecido o objetivo do programa de melhoramento, faz-se necessário definir o critério de seleção.

Entende-se por critério de seleção, a característica ou conjunto de características que serão medidas, e, a partir das quais, far-se-á a escolha dos indivíduos. Depreende-se daí que existe uma relação estreita entre objetivo-fim de um programa genético e critério de seleção, mas que estes não são, todavia, sinônimos. O critério de seleção pode ser uma combinação ponderada de características que resulte em um índice final de seleção. Essas ponderações devem ser constituídas por valores econômicos dados a cada uma das características que o compõe, ou seja, eles representam a contribuição de cada uma para o retorno econômico da seleção.

14.5. Melhoramento genético em gado de leite

A preocupação dos criadores brasileiros com a produção de leite, utilizando-se o zebu, é registrada desde o início do século, em 1916, na revista *Chácaras e Quintais*, como relata Domingues (1975). Apesar de já nesta época as recomendações técnicas indicarem a necessidade de se preocupar, nos trópicos, com idade à primeira cria, intervalo interpartos e comprimento do período seco, a produção de leite persistia como sendo a única característica importante. Concomitantemente aos trabalhos desenvolvidos por alguns abnegados produtores, e em alguns casos motivados por eles e/ou em parceria, técnicos começaram a dedicar esforços na melhoria da produção leiteira.

Domingues (1947), citado por Domingues (1975), apresentou um esquema para fazer do gado indiano um gado leiteiro. Segundo o autor, quatro eram as possibilidades: i) seleção dentro do gado guzerá e gir; ii) importação das raças Sindi e Sahiwal; iii) seleção dentro da vacada comum; e iv) cruzamento do zebu com raças leiteiras *Bos taurus*, principalmente, a raça Holandesa. Nesta época, segundo o próprio autor, em um exemplo de visão de futuro compartilhada por alguns criadores, já eram conduzidos trabalhos enfocando o primeiro item. Tais trabalhos vinham sendo desenvolvidos há algum tempo na fazenda Cantagalo com a raça Guzerá, e, em Umbuzeiro, com o gado gir.

Paralelamente a estes trabalhos de seleção empírica que continuava ocorrendo no país, consolidavam-se os cruzamentos entre raças européias e zebuínas como forma de se melhorar a produção leiteira. Tais cruzamentos, segundo Domingues (1953) e Carneiro (1955) citados por Marques (1974) eram, em sua maioria, formados por combinações entre zebuínos e holandês. Estes eram, no entanto, desordenados, por serem resultantes da pouca preocupação e da dificuldade de planejamento por parte dos produtores e pela inexistência de um equilíbrio genético definido, o que até aquele momento era também desconhecido.

Ainda no final da década de 1940, iniciou-se, em Uberaba, na Fazenda Experimental de Criação, um trabalho de seleção para leite, de um rebanho, puro indiano, sem a preocupação de caracterização racial. Assim, foram selecionadas as primeiras vacas com base exclusivamente no desempenho. Este foi o gado que, segundo Domingues (1966), daria origem ao zebu-leiteiro. Na tentativa de se aumentar a participação de produtores de leite e, principalmente, de divulgar os resultados que vinham sendo obtidos e ao mesmo tempo, valorizá-lo, são, na década de 1950, instituídos os torneios leiteiros no Brasil.

O desenvolvimento do zebu-leiteiro iniciado em Uberaba mostrou-se promissor como sugerem os resultados apresentados por Carmo & Prata (1961). Segundo estes autores, a média de produção diária do zebu-leiteiro era 7,6 kg superior àquelas obtidas por raças européias criadas em várias estações experimentais de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. Outro parâmetro importante, a duração da lactação, evoluiu, ainda segundo os mesmos autores, de 263,1 dias em 1950, para 273,2 em 1959. Ao lado disso, a utilização de cruzamentos euro-indianos para produção de leite no Brasil firmava-se como uma alternativa viável, como foi evidenciada por Villares et al. (1947), que concluíram, após uma extensa revisão, que a combinação de raças zebuínas e taurinas eram responsáveis pelas seguintes melhorias:

- i) aumento da produção de leite;
- ii) maior regularidade de parição;
- iii) produção mais econômica.

Todavia, a tenacidade de alguns criadores continuava contribuindo para a melhoria da produção leiteira do zebu puro. Assim, é que Villares, citado por Santiago (1985), registra o trabalho dedicado e eficiente de seis criadores de gir, cujos rebanhos representaram de 1964 a 1978, 93,1% das lactações controladas pela Associação Brasileira de Criadores. A evolução do potencial leiteiro da raça Gir pode ser verificada na Tabela 2.

TABELA 2. Evolução da produção de leite das dez melhores vacas gir do Brasil, de acordo com três períodos de avaliação.

Período	Produção de leite (kg)
1950-1959	2.727
1964-1966	4.975
1971-1978	6.305

Fonte: Adaptado de Santiago (1985).

A partir da década de 1970, com base na opinião generalizada entre os especialistas, de que o gado mestiço de europeu-zebu continuaria predominando nos sistemas de produção de leite por muito tempo, estabeleceu-se o Programa do Mestiço Leiteiro Brasileiro. Mais tarde, em 1985, foi estabelecida uma parceria entre a Embrapa e ABCGIL que viabilizou o início do Programa do Gir Leiteiro. Esses programas, ainda em andamento, são coordenados pela Embrapa Gado de Leite.

Além desses, existem outros programas em andamento, podendo ser citados o Teste de Touros da raça Holandesa, que é desenvolvido pela central de inseminação Lagoa de Serra e algumas cooperativas do Paraná; o Programa de Melhoramento Genético do Guzerá, coordenado pela Universidade Federal de Belo Horizonte; e ainda, o recém-iniciado Teste de Progenie de Touros Girolando, com a participação de vários criadores e a associação de criadores da raça.

14.6. Melhoramento genético em aves

O Relatório da Agricultura de 1943, citado em Martins (1991), apresentou a discussão sobre a necessidade de se iniciar o desenvolvimento de novas modalidades de produção animal, entre as quais mencionou-se a avicultura. Essa preocupação inicial transformou-se em ações concretas e, assim, na década de 1950, foram iniciados os trabalhos pioneiros no tocante à genética de aves no Brasil. De acordo com Torres, em 1957, o Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária de Centro-Sul iniciou um programa destinado à obtenção de aves poedeiras comerciais. A esta mesma época, segundo Schmidt & Ávila (1990), a granja Guanabara começou seus trabalhos com melhoramento genético com vistas ao desenvolvimento de aves para corte.

Trabalhos pioneiros de cruzamentos envolvendo as raças Cornish Branca, New Hampshire e Plymouth Rock Branca, com o objetivo de se obterem frangos mais precoces, resistentes e eficientes e com melhor conformação de que os de raça pura, também foram iniciados nesta década na estação Experimental de Pindamonhangaba, SP.

Nos anos de 1960, a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) iniciou pesquisas em genética de galinhas. A partir de meados dos anos de 1970, a seleção de linhagens deu lugar às pesquisas em genética. A próxima instituição brasileira a se engajar nesta luta, de acordo com Torres, foi a Universidade Federal de Viçosa. Ao final da década de 1970 início dos anos 1980, outras instituições ligadas à pesquisa começaram a investir em melhoramento genético de aves. Podem ser citados o Instituto de Zootecnia em Nova Odessa, a Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) e a Universidade de Santa Maria (UFSM). Mais tarde, já em 1983, a Embrapa, por meio do Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (Embrapa Suínos e Aves), iniciou o seu programa, visando à formação de linhagens de aves comerciais para produção de carne que, posteriormente, tornou-se mais abrangente, incluindo um programa de linhagens para postura.

No entanto, apesar de todos estes esforços, o desenvolvimento da área de genética avícola no país é inferior ao que se deveria esperar. Possivelmente, os avanços obtidos por outros países na obtenção de linhagens altamente produtivas tenham contribuído para que poucos programas fossem implantados e, principalmente, implementados com êxito. Por outro lado, o consumo, a produção e a exportação de carne de frango têm crescido consistentemente entre os anos de 1974 e 1983 (Tabela 3). Esses dois fatos contrastantes configuram uma avicultura dicotômica, onde a alta produtividade é, todavia, fundamentada em desenvolvimento genético de outros países.

O final da década de 1980 permitia vislumbrar um futuro promissor para a área de genética de aves no Brasil, como vaticinava Torres. Os anos de 1990, no entanto, pela abertura de mercado, pela globalização, talvez pela competição com a iniciativa privada que pelo controle de algumas multinacionais dominam o mercado de matrizes, fez com que os esforços governamentais nesta área diminuíssem levando aqueles diretamente envolvidos no setor a preverem o desaparecimento em um futuro próximo, caso não se consiga convencer a iniciativa pública e/ou privada que é possível obterem-se retornos econômicos com melhoramento genético de aves no Brasil.

TABELA 3. Produção e destino do frango de corte no Brasil.

Ano	Produção (tonelada)	Variação (%)	Consumo interno (%)	Exportação (%)
1974	484.000	-	100,0	-
1975	519.000	7,2	99,3	0,7
1976	604.000	16,4	96,7	3,3

1977	698.000	15,5	95,2	4,8
1978	858.000	22,9	94,1	5,9
1979	1.096.000	27,7	92,6	7,4
1980	1.230.000	12,2	86,2	13,8
1981	1.400.000	13,8	79,0	21,0
1982	1.507.533	7,7	80,0	20,0
1983	1.489.364	-1,2	80,6	19,4

Fonte: ABEF E APINCO

14.7. Melhoramento genético em caprinos

À semelhança dos bovinos, os primeiros caprinos a serem introduzidos no Brasil vieram da península Ibérica e possivelmente tenham chegado aqui nos primeiros anos do Brasil colônia. Esses animais se adaptaram, principalmente, em regiões semi-áridas das Américas o que, segundo Figueiredo (1990), explica a grande semelhança existente entre produção e grau de adaptação dos diversos ecotipos ou raças de caprinos nelas existentes. No entanto, somente nos últimos cinquenta anos a caprinocultura brasileira tem recebido maior dedicação por parte dos pesquisadores e produtores.

Apesar de ser de introdução tão antiga, pouco se dedicou, em pesquisas, nesta espécie. Até meados deste século, alguns poucos esforços, para caracterização biológica, foram feitos. No entanto, segundo Figueiredo et al. (1987), a ênfase maior na produção e pesquisa em caprinos foi iniciada após a criação do Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos da Embrapa (Embrapa Caprinos) em meados dos anos de 1970.

De acordo com Figueiredo (1990), a contribuição da pesquisa brasileira na área de melhoramento genético tem sido a identificação de tipos de cruzamentos mais adequados a diferentes sistemas de produção e o estabelecimento de critérios de seleção de reprodutores e matrizes. Resultados experimentais, como os de Bellaver et al. (1983) indicam grandes diferenças entre grupos genéticos no tocante a desempenho ponderal pré-abate, peso de carcaça quente, comprimento de carcaça, comprimento de perna, profundidade de tórax, peso de pele e rendimento de carcaça. Diferenças entre raças são também reportadas por Figueiredo et al. (1982), citados por Figueiredo et al. (1987).

Resultados de pesquisas conduzidas por Figueiredo (1986) e Souza (1996) mostraram que na região Nordeste, maior produtora nacional de caprinos, seleção para animais de duplo propósito conduz a um aumento da eficiência de produção de proteína no sistema. Tais resultados, segundo Figueiredo et al. (1987), redirecionaram as pesquisas em caprinos, que eram primariamente voltadas para produção de carne, tendo na produção de pele, sua segunda atividade, para priorizarem a produção de leite. Outros resultados de cruzamentos foram discutidos por Fernandes (1984), Figueiredo et al. (1987) e Pant (1985) (Tabela 4).

TABELA 4. Médias de quadrados mínimos para pesos corporais de animais F1s entre sem raça definida e outras raças

Grupo genético	Pesos (kg)			
	Nascimento	112 dias	8 meses	12 meses
SRD-SRD	1,86 ^a	10,97 ^{abc}	15,23 ^{ab}	20,44 ^{bc}

SRD-Canindé	1,99 ^a	10,60 ^{ab}	13,54 ^a	18,50 ^a
SRD-Moxotó	2,00 ^a	11,22 ^{abc}	15,30 ^{ab}	18,63 ^a
SRD-Marota	1,99 ^a	10,59 ^{ab}	15,38 ^{ab}	19,22 ^{ab}
SRD-Repártida	2,00 ^a	10,46 ^a	15,14 ^{ab}	19,65 ^{ab}
SRD-A.Nubian	2,42 ^b	11,95 ^{bc}	17,20 ^b	22,09 ^c
SRD-Bhuj	2,48 ^b	12,23 ^c	16,26 ^{ab}	20,66 ^{bc}

^{a,b,c} Médias, na mesma coluna, com o mesmo sobrescrito não diferem entre si (P maior que 0,05).

Fonte: Adaptado de Pant (1985).

No tocante à produção leiteira, alguns resultados podem ser encontrados em Rodrigues et al. (1982) e Souza et al. (1984). Esses resultados permitiram aos autores concluir que o potencial de produção de leite das raças adaptadas ou dos grupos chamados sem raça definida é baixo e, por isso, não é interessante economicamente mantê-las com este propósito.

Assim, considerando-se os resultados acumulados, conclui-se que o cruzamento com raças exóticas, como a Parda Alemã, seria o caminho mais indicado. Hoje, além dos programas conduzidos em cooperação com instituições de pesquisa e universidades, existem alguns sendo desenvolvidos por cooperativas como é caso do Programa de Melhoramento de Caprinos da Copercana que tem como objetivo principal a melhoria da produção leiteira conforme Pinto (1996).

14.8. Melhoramento genético em ovinos

Apesar de os ovinos serem criados no Brasil há muitos anos, só muito recentemente iniciaram-se os trabalhos de melhoramento genético nesta espécie. A preocupação com a criação e melhoria de suas características produtivas fica evidente, já no início deste século, com a criação, em 1918, em Itapetininga, SP, da Fazenda de criação que tinha como objetivo a criação de ovinos Romney-Marsh. De acordo com Cardellino (1996), os objetivos de seleção para esta espécie, no Brasil, ainda não estão bem definidos por falta de estudos formais para tal identificação e, principalmente, pela falta de estruturação dos mercados de lã e carne.

Assim, mesmo havendo outras características de importância para a indústria, aquelas que integram os objetivos de seleção são: peso de velo sujo, peso de velo limpo, diâmetro das fibras, comprimento de mecha e fibras pigmentadas. Ainda segundo o mesmo autor, apesar de o melhoramento genético de ovinos não se constituir em uma atividade consolidada no Brasil, há progressos e pode-se prever um grande potencial para o futuro.

Dentre as iniciativas consideradas marcantes voltadas para o melhoramento genético desta espécie, pode-se destacar a estruturação, em 1978, do Programa de Melhoramento Genético de Ovinos (PROMOVI) voltado para melhoria da produção e qualidade da lã. Em 1989, iniciaram-se entendimentos para se estabelecer o PROMOVI direcionado para carne, que à semelhança do anterior, que era voltado para lã, tem encontrado dificuldades para se expandir e se estabelecer. Atualmente, parece receber maior atenção por parte dos criadores, o teste dentro de fazenda.

Quanto à metodologia de avaliação, sua evolução para ovinos lanados não tem seguido aquela observada no desenvolvimento dos métodos, principalmente no tocante ao uso de modelo animal, não só pelo volume de informações disponíveis, mas também pela sua qualidade e pelo tipo de dados disponíveis (Cardellino, 1996). A situação não é muito diferente no que se refere a ovinos deslanados de acordo com Souza (1996).

Existe um programa nacional, coordenado e gerenciado pela Associação Brasileira de Criadores de Ovinos (ARCO), que é o Serviço de Registro e Análise de Dados de Desempenho para Avaliação Genética de Reprodutores Ovinos Lanados (SAGRO). De acordo com Ojeda (1996), esse serviço desenvolve um programa de avaliação e seleção que envolve três etapas: i) avaliação individual comparativa dentro de grupo contemporâneo no estabelecimento; ii) teste centralizado de desempenho de cordeiros das raças para carne; e iii) avaliação de carneiros pelo desempenho das progênies em centrais de teste.

A disposição dos criadores para com os testes dentro de fazenda, aliada a um programa de estruturação, acompanhamento e coleta de dados, poderá se constituir em elemento fundamental para que avaliações genéticas globais sejam conduzidas e resultem em programas genéticos que possibilitem à ovinocultura brasileira alcançar padrões elevados de produtividade.

14.9. Melhoramento genético em suínos

O início da preocupação com o melhoramento genético de suínos no Brasil confunde-se com o despertar desta consciência na Europa. A Dinamarca, primeiro país a investir em melhoramento genético de suínos, iniciou, segundo Irgang, os testes de progênie em 1910.

No Brasil, em 1916, foi fundada a fazenda de criação de Barueri, SP, que tinha como um dos objetivos o melhoramento do porco nacional Canastrão por meio de seleção e cruzamentos. Nesta fazenda criava-se, ainda, para seleção, animais importados das raças Duroc Jersey e Polland-China.

Em 1956, foi estabelecido um acordo de cooperação entre o Departamento Nacional de Produção Animal e o Departamento de Produção Animal da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo que, entre outros itens, previa o desenvolvimento de projetos de melhoramento animal envolvendo suínos, aves, e bubalinos. No tocante a suínos, fizeram parte do mencionado acordo, os projetos englobando seleção e melhoramento de animais da raça Duroc-Jersey a serem desenvolvidos na Fazenda Experimental de Criação de Sertãozinho, em São Paulo, e na Fazenda Experimental de Criação de Santa Mônica, no Estado do Rio de Janeiro. Em Sertãozinho seriam ainda conduzidos os trabalhos de fixação de características raciais e o melhoramento de características produtivas da raça Piau. Trabalhos semelhantes seriam realizados na Fazenda Experimental de São Carlos, SP. A seleção e melhoramento dos suínos Nilo-Canastra ficariam sob responsabilidade do Posto Experimental de Araçatuba, SP.

Ainda na década de 1950, iniciaram-se as importações de raças como a Berkshire, Tamworth e Wessex, ao mesmo tempo que eram feitas novas importações de Duroc Jersey e Polland China. A década de 1960 foi marcada pelas importações provenientes dos Estados Unidos, principalmente, de suínos das raças Duroc, Yorkshire e Hampshire. Nesta época, foram introduzidas, da Europa, as raças Landrace e Large White. Este volume de introdução de material genético selecionado e de boa qualidade resultou num processo de substituição das raças nacionais que eram predominantemente do tipo banha e marcou o início da intensificação de criações de suínos de raças puras do tipo carne. Surgiram então os criadores especializados reunidos na Associação Brasileira de Criadores de Suínos. Somente nos anos de 1970, têm início os testes de progênie, com os quais são formados os primeiros plantéis núcleos nacionais.

Os cruzamentos entre raças também se constituíram em importante forma de se aumentar a produtividade dos plantéis. O impacto deste processo pode ser avaliado em diversos trabalhos com Irgang et al. (1990) e Irgang et al. (1993). Os resultados destes trabalhos indicaram aumento na taxa de ganho de peso diário, melhoria da precocidade, maior número de embriões viáveis e maior número de leitões por leitegada.

Na década seguinte, de 1980, deu-se início à uma grande transformação na genética de suínos no Brasil, principalmente pela organização e estruturação de programas bem elaborados.

Iniciam-se, assim, os testes de desempenho e os chamados testes de granja, que são conduzidos pelos criadores de reprodutores. Nesta mesma época, grandes empresas de melhoramento genético, como Agrocere-PIC e Seghars-Humus pecuária, iniciaram atividades comerciais no Brasil. Tudo isso levou a suinocultura à produção e comercialização de fêmeas F1, à intensificação da comercialização de

reprodutores mestiços e à ampliação dos plantéis núcleos existentes, bem como à instalação de novos núcleos.

Neste período, intensificaram-se os programas de seleção que tinham como principal objetivo de seleção o aumento da taxa de crescimento, e estabeleceram-se como empresas brasileiras detentoras de programas de melhoramento genético, a Sadia, a Granja Rezende e a Agrocere. Somente no início dos anos de 1990, teve início a preocupação com a seleção para aumento do rendimento de carne. Nesta década, segundo Irgang, viabilizou-se o uso de técnicas de DNA para melhoria genética dos plantéis.

À semelhança do que vem ocorrendo com outras espécies de animais domésticos, o melhoramento genético de suínos vem passando por modificações e se adequando às metodologias modernas de avaliação. Isso pode ser observado pelas constatações feitas por Irgang, de que os testes de progênie que receberam muita atenção nos anos de 1970, e eram realizados nas chamadas Estações de Avaliação de Suínos (EAS), tiveram sua importância reduzida até finais dos anos de 1980, quando deixaram de existir.

É importante notar que tendência semelhante foi verificada para os chamados testes de machos, conduzidos nas Estações de Teste de Reprodutores Suínos (ETRS). Tais testes, que em 1983 eram realizados em quinze unidades, com capacidade para 2.500 machos/ano, foram perdendo importância e, em 1995, representavam somente seis unidades.

14.10. Melhoramento genético em búfalos

Há muitas décadas o búfalo vem sendo criado no Brasil sem que, no entanto, tenha havido um programa mais intenso de melhoramento genético nesta espécie. Apesar disso, iniciativas isoladas foram tomadas desde a década de 1950, como menciona Villares et al. (1979). Segundo esses autores, em 1958 foram iniciadas as provas de ganho de peso na Estação Experimental de Criação e Sertãozinho. Mais tarde, ainda de acordo com esses autores, outras centrais de prova foram sendo estruturadas. Em fins dos anos de 1970, Villares et al. (1979) fizeram uma avaliação global dessas provas e observaram ganhos médios de peso iguais a 144,4; 148,1 e 123,6 kg para as raças Mediterrânea, Jafarabadi e Murrah, respectivamente, em 140 dias de confinamento.

Até a década de 1980, estas foram as ações para identificação e seleção de animais com búfalos de corte. Com respeito à produção leiteira, até 1980, as avaliações e seleção vinham sendo feitas de acordo com Ramos, com base na produção de leite. Após esta data iniciaram-se as seleções com base na capacidade mais provável de produção das búfalas, avaliações estas que, em alguns casos isolados, evoluíram para o uso de modelos mistos com estimativas de BLUP e, mais recentemente, o uso de modelo touro e modelo animal.

Todavia, apesar de inexistir em programas bem estruturados envolvendo grandes populações de animais desta espécie, o que possibilitaria evolução mais rápida e maiores progressos genéticos, quer seja para leite, quer seja para carne, alguns trabalhos, como o que vem sendo conduzido na Fazenda Panorama, município de Camaquã, RS, Ramos, indicam a possibilidade de se promover melhorias nos rebanhos brasileiros. Nesta propriedade, onde vem sendo conduzido teste de progênie desde 1990, tem-se conseguido reduções na idade de abate dos animais, que passou de 24 meses em 1989, para 19 em 1992.

Evoluções são também apresentadas por Villares et al. (1979), para rebanhos leiteiros. Neste caso, esses autores verificaram, para o Estado de São Paulo, incrementos de, aproximadamente, 2.200 kg de leite entre os quinquênios 1964-68 e 1974-78, associados a uma diminuição na duração da lactação de, aproximadamente, 20 dias e aumento no teor de gordura. Como ressalta Ramos⁶, progressos genéticos têm sido obtidos também para produção de leite em vários rebanhos leiteiros no Brasil.

No entanto, como ultimamente, esta espécie tem apresentado grande expansão no Brasil com crescimento, segundo Ramos⁶, de 10% ao ano, é de se esperar o desenvolvimento de programas de melhoramento genético bem estruturados. Esse grande crescimento populacional se deve à capacidade de estes animais serem rústicos, bons conversores de alimento quando explorados para leite e carne, longevos e poderem ocupar espaços não habitados por outras espécies animais exploradas

economicamente pelo homem. Baseado nisso, e nos resultados que vêm sendo obtidos, Ramos⁶ apresentou uma proposta de programa de melhoramento genético da espécie a ser conduzido com a Associação Brasileira de Criadores de Búfalos.

Cruzamentos também têm sido adotados como forma de se promover melhoria do desempenho como pode ser observado pelos resultados de Marques (1991) (Tabela 5). Esse autor encontrou estimativas de herdabilidade para diversas características produtivas e reprodutivas, entre as quais podem-se citar os valores de 0,249 para intervalo interpartos, 0,39 para período de serviço, 0,304 para produção de leite e 0,412 para peso à desmama.

TABELA 5. Desempenho produtivo e reprodutivo de búfalas das raças Murrah, Mediterrâneo e seus mestiços.

Grupo genético	IPC ¹ (mês)	PS (dias)	DL (dias)	PL (kg)	PG (kg)	%G
Mediterrâneo (ME)	37,9 ^a	119,9 ^a	232,7 ^a	1338,9 ^a	96,8 ^a	7,1 ^a
Murrah (MR)	38,4 ^{ab}	128,0 ^b	238,6 ^a	1316,0 ^a	92,8 ^a	7,3 ^b
ME-MR	37,7 ^a	124,7 ^{ab}	274,2 ^b	1696,4 ^b	118,1 ^{bc}	6,9 ^a
3/4 MR	38,9 ^b	133,8 ^c	266,6 ^c	1746,6 ^c	121,3 ^b	6,9 ^a
7/8 MR	38,9 ^b	143,8 ^d	256,6 ^d	1746,6 ^c	116,6 ^c	6,7 ^c

^{a,b,c,d} Médias, na mesma coluna, com o mesmo sobrescrito não diferem entre si (P maior que 0,05).

¹IPC - intervalo interpartos, PS - período de serviço, DL - dias em lactação, PL - produção de leite, PG - produção de gordura, %G - percentagem de gordura.

Fonte: Adaptado de Marques (1991).

15

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Investimentos em melhoramento genético animal são caros e de longo prazo. No Brasil, iniciativas nesta área deparam ainda com outros problemas que variam em intensidade, de acordo com a espécie animal, como qualidade de mão-de-obra, capacidade de gerenciamento, competição externa, indefinição de mercado, baixo nível de exigência do mercado consumidor e a não valorização da qualidade do produto, principalmente no tocante ao consumidor.

Dessa forma, o progresso obtido, até recentemente, deveu-se à abnegação de alguns produtores e técnicos. Todavia, ao que tudo indica, o futuro reserva a possibilidade de um avanço ainda maior e mais rápido, uma vez que este deverá ser impulsionado pela demanda crescente por competitividade das atividades de produção animal; e pela importância, cada vez maior, representada pela qualidade do produto e eficiência da produção.

Apesar da característica cíclica, com tendências à redução de investimentos em melhoramento genético, apresentada por algumas espécies de animais, surgem como elemento fundamental, comum a qualquer delas, o volume e a qualidade de técnicos formados a partir de meados da década de 1970. Mais uma vez, o crédito se deve a alguns poucos e abnegados melhoristas que foram capazes, não só de motivar um grande número de novos adeptos, mas, também, de garantir, para eles, uma formação sólida e competitiva.

As metodologias, os modelos e o aumento da capacidade computacional são de valor limitado quando se desconsideram a estrutura dos dados, o sistema de produção, o estágio da atividade, o mercado e o ambiente de produção;

Sob condições adequadas estas ferramentas promoverão progressos genéticos mais eficazes e mais rápidos. No entanto, é possível que como consequência, haja redução da variância genética. Assim, faz-se necessário antecipar-se a isto, buscando soluções.

Uma das alternativas é considerar se os fatores mencionados anteriormente, os quais em conjunto, ou isoladamente, possibilitarão o estabelecimento de objetivos-fim, bem como critério de seleção, adequados a situações mais ou menos específicas, o que contribuiria para a manutenção de variabilidade na população como um todo, mas principalmente, para maior eficiência do melhoramento genético.

Outras soluções, diretamente ligadas à metodologia de avaliação e aos modelos matemáticos, têm de ser desenvolvidas.

À semelhança do passado, a ciência deverá continuar sendo permeada pela arte, no sentido de ser capaz, não só de combinar a beleza da forma com a função, mas também de ser capaz, muitas vezes, de, pela forma, predizer a produção.

Esta necessidade de visão global, do bom senso, do conhecimento científico e, principalmente, da capacidade de se combinar tudo isto, é que faz do melhoramento genético não só ciência, mas também uma arte.

16

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J.C. Sobre o peso ao nascer na raça Nelore. Revista Agropecuária, Piracicaba, v.24, n.7-8, p.231-251, 1949.

ANDRADE, V.J. Efeitos de meio e herança sobre o peso de bezerros da raça Guzerá aos 205 dias de idade. Belo Horizonte: UFMG, 1973. 67p. Tese de Mestrado.

BELLAVER, C.; FIGUEIREDO, E.A.P.; OLIVEIRA, E.R.; PANT, K.P. Carcass characteristics of goats and sheep in northeast Brazil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.18, n.3, p.301-310, 1983.

BRITO, F.V.; FRIES, L.A. Proposta de um método para avaliação genética de bovinos de corte. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.23, n.2, p.181-188, 1994.

CAIELLI, E.L. Pré-história do Instituto de Zootecnia organizada, que precedeu a criação do posto (P. Z.) Centro Zootécnico da Mooca em 10 de abril de 1907. Nova Odessa: 1991. Paginação irregular.

CARDELLINO, R.A. Melhoramento genético de ovinos lanados. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 1996, Ribeirão Preto. Anais... Viçosa: SBMA, 1996. p.41-44.

CARMO, J.A.; PRATA, H. Estudo sobre o zebu-leiteiro da Fazenda Experimental de Criação em Uberaba. Rio de Janeiro: Instituto de Zootecnia, 1961. (IZ. Monografias, 2).

CARNEIRO, G.G.; LUSH, J.L. Variation in yield of milk under the penkeeping system in Brazil. Journal of Dairy Science, Champaign, v.31, n.2, p.203-211. 1948.

CARNEIRO, G.G.; MEMÓRIA, P. Prova de progênie de touros Zebus. Zebu, Uberaba, v.19, n.3, p.37-41, 1959.

CHIEFFI, A.; ANDREASI, F.; VEIGA, J.S. Estudo comparativo do crescimento ponderal de bovinos de raças indianas, nascidos nos períodos da seca e das águas. Revista da Faculdade de Medicina Veterinária de São Paulo, São Paulo, v.4, n.2, p.315-338, 1950.

DOMINGUES, O. O gado indiano no Brasil. Rio de Janeiro: PLANAM/SUNAB, 1966. 422p. (PLANAM. Estudos, 1).

DOMINGUES, O. O Zebu, sua reprodução e multiplicação dirigida. 4.ed. São Paulo: Nobel, 1975. 188p.

DURÃES, M.C. Causas de variação de peso de bezerros $\frac{3}{4}$ Holandês-Guzerá aos 90 dias de idade. Belo Horizonte: UFMG, 1975. 58p. Tese de Mestrado.

EUCLIDES FILHO, K. A pecuária de corte brasileira no terceiro milênio. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996a, Brasília. Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos cerrados. Anais. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996a. p.118-120.

EUCLIDES FILHO, K. A pecuária de corte no Brasil: novos horizontes, novos desafios. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1997. 28p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 69).

EUCLIDES FILHO, K. Cruzamento em gado de corte. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996b, 68p. (EMBRAPA-SPI. Coleção Criar, 1).

EUCLIDES FILHO, K. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de pesos e ganhos de peso em bezerros Nelore, no período de aleitamento. Viçosa: UFV, 1977. 51p. Tese de Mestrado.

EUCLIDES FILHO, K. Melhoramento animal: conquistas e perspectivas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. Anais...Brasília: SBZ,1995. p.611-615.

EUCLIDES FILHO, K. O melhoramento genético de bovino de corte e suas inter-relações com demandas, cadeia produtiva e sistemas de produção In: SIMPÓSIO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2., Uberaba, 1998. Anais... Uberaba, MG. p.207-212. 1998.

FALCONER, D.S. Introduction to quantitative genetics. New York: Longman, 336p. 1981.

FERNANDES, A.A.O. Genetic and environmental factors affecting growth and reproduction characteristics of Morada Nova sheep in northeast Brazil. Texas: Texas A & M University, College Station, 1984. 85p. Tese de Mestrado.

FERREL, C.L.; JENKINS, T.G. Cow type and the nutritional environment: nutritional aspects. Journal of Animal Science, Champaign, v.61, n.3, p.725-741, 1985.

FIGUEIREDO, E.A.P. de. Perspectivas da produção de caprinos nas próximas décadas na América Latina. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Produção animal no século 21, Piracicaba: FEALQ, 1990. p.77-92.

FIGUEIREDO, E.A.P. de. Potential breeding plans developed from observed genetic parameters and simulated genotypes for Morada Nova sheep in northeast Brazil. Texas: Texas A&M University, College Station, 1986. 187p. Tese Doutorado.

FIGUEIREDO, E.A.P. de; PANT, K.P.; MELO LIMA, F.A.; SOUZA, W.H. Brazilian goats: genetic resources. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GOATS, 4., 1987, Brasília, 1987. Proceedings... Brasília: Embrapa-DDT, 1987, v.1. p.683-700.

FIGUEIREDO, G.R. de. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de peso e ganhos de peso de animais Nelore após a desmama. Viçosa: UFV, 1977. 49p. Tese Mestrado.

FONTES, L.R. Diferenças em crescimento e peso vivo entre as raças zebuínas no Brasil. Arquivo da Escola Superior de Veterinária da Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, v.3, n.1, p.47-61, 1950.

FRANCO, A.A. de. História econômica do Brasil. Salvador: Imprensa Vitória, 1958. 247p.

IRGANG, R.; FÁVERO, J.A.; DALLA COSTA, O.A. et al. Efeitos paternos, maternos e de combinações raciais no desempenho de leitoas de raça pura e mestiças das raças Duroc, Landrace e Large White, em idade pré-púbere. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.19, n.14, p.58-64, 1990.

IRGANG, R.; SCHEID, I.R.; WENTZ, I.; FÁVERO, J.A. Ovulation rate, embryo number and uterus length in purebred and crossbred Duroc, Landrace and Large White gilts. Livestock Production Science, Amsterdam, v.33, n.1, p.253-266, 1993.

JORDÃO, L.P.; ASSIS, F.P. Estudo sobre o crescimento ponderal de bovinos holandeses. Revista da Indústria Animal, v.2, n.4, p.6-28, 1939.

JORDÃO, L.P.; SANTIAGO, A.A. Contribuição para o estudo do gado Caracu na Fazenda de Seleção do Gado Nacional, em Nova Odessa. O crescimento ponderal dos bezerros aleitados artificialmente no período de 1909 a 1924. Revista de Indústria Animal, São Paulo, v.3, n.2-3, p.73-105, 1940.

JORDÃO, L.P.; VEIGA, J.S. Estudo sobre o peso ao nascer dos bezerros de vários sangues na Fazenda Experimental de Criação. Revista de Indústria Animal, São Paulo, v.2, n.1, p.3-16, 1939.

MARQUES, D. da C. Criação de bovinos. 2.ed. rev. ampl. São Paulo: Nobel, 1974. 664p.

MARQUES, J.R.F. Avaliação genético-quantitativo de algumas características de desempenho produtivo de grupos genéticos de búfalos (*Bubalus bubalis*, L.). Botucatu: UNESP, 1991. 137p. Tese Doutorado.

MARTINS, Z. Agricultura paulista: uma História maior que 100 anos. São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1991. 582p.

MATTOSO, J. Estudo sobre o crescimento em peso de Zebus na Fazenda Experimental de Criação de Uberaba. Viçosa: Escola Superior de Agricultura da Universidade Rural de Minas Gerais, 1959. 232p. Tese Mestrado.

MIRANDA, J.J.F.; CARNEIRO, G.G.; TORRES, J.R.; SILVA, M.A. Heritabilidade de peso ao nascimento de bezerros da raça Guzerá. Arquivos da Escola de Veterinária, Belo Horizonte, v.27, n.1, p.15-22, 1975.

OJEDA, D.B. Serviço de avaliação genética de reprodutores ovino - SAGRO. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 1., 1996, Ribeirão Preto. Anais... Viçosa: SBMA, 1996. p.45-49.

PANT, K.P. Some aspects of goat production research in northeast Brazil. SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO ANIMAL, 1., 1983, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1985. p.21-44.

PINTO, P.A. Programa de melhoramento de caprinos da Copercana, implantação-resultados. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 1., Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: SBMA, 1996. p.56-60.

RAMOS, A. de A. Melhoramento genético, seleção e cruzamento de búfalos. [S.l.: s.n.], 1996. 28p. mimeografado.

RODRIGUES, A.; SOUZA, W.H.; FIGUEIREDO, E.A.P.; MELO LIMA, F.A. Avaliação da produção leiteira das raças Anglo-Nubiana, Parda Alemã e sem raça definida. João Pessoa: EMEPA, 1982. 7p. (EMEPA. Pesquisa em Andamento, 2).

SANTIAGO, A.A. O zebu na Índia, no Brasil e no mundo. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. 744p.

SCHMIDT, G.S.; ÁVILA V.S. de. Linhagens avícolas brasileiras. In: SOCIDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA (Campinas, SP). Novas tecnologias de produção animal. Piracicaba: FEALQ, 1990. p.1-6.

SOUZA, W.H. Melhoramento genético de ovinos deslanados no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 1., Ribeirão Preto. Anais... Viçosa: SBMA, 1996. p.64-68.

SOUZA, W.H.; LEITE, P.R.M.; CORREIA, F.A.M.; FIGUEIREDO, E.A.P. Avaliação da produção de leite em caprinos nativos do tipo Canindé no estado da Paraíba, Brasil. João Pessoa: EMEPA, 1984. 9p. (EMEPA. Comunicado Técnico, 1).

TORRES, J.R. Fatores de variação de peso de bezerros zebus. II. Mês, sexo e idade da vaca. Experimentiae, Viçosa, v.1, n.8, p.335-443, 1961.

TORRES, R.A.A. Fontes de variação dos ganhos de peso médios diários de bezerros da raça Guzerá no período de aleitamento. Viçosa: UFV, 1976. 51p. Tese Mestrado.

VILLARES, J.B.; DOMINGUES, C.A.C.; RAMOS, A.A.; ROCHA, G.P. Prova de ganho de peso de bubalinos para fins de melhoramento genético. In: RAMOS, A.A.; VILLARES, J.B.; MOURA, J.C. de. Bubalinos. Campinas: Fundação Cargill, 1979. p.235-252.

VILLARES, J.B.; JORDÃO, L.P.; ASSIS, F.P. Climatologia zootécnica. VIII. Possibilidades do Zebu na produção de leite em São Paulo. Boletim de Indústria Animal, São Paulo, v.9, n.1-2, p.3-31, 1947.

WALKER, J.W. Viewpoint: grazing management and research now and in the next millenium. Journal of Range Management, Denver, v.48, n.4, p.350-357, 1995.

WRIGHT, S. Evolution in mendelian populations. Genetics, Maryland, v.16, p.97-159, 1931.