

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA

OLIVARDO FACÓ

ESTUDO GENÉTICO-QUANTITATIVO COM OS GRUPOS GENÉTICOS
FORMADORES DA RAÇA GIROLANDO

FORTALEZA
2005

OLIVARDO FACÓ

ESTUDO GENÉTICO-QUANTITATIVO COM OS GRUPOS GENÉTICOS
FORMADORES DA RAÇA GIROLANDO

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, Sub-Programa do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, do qual participam a Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Martins Filho
Co-Orientador: Dr. Raimundo Nonato Braga Lôbo

FORTALEZA
2005

OLIVARDO FACÓ

ESTUDO GENÉTICO-QUANTITATIVO COM OS GRUPOS GENÉTICOS
FORMADORES DA RAÇA GIROLANDO

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, Sub-Programa do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, do qual participam a Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Produção Animal

Aprovada em 22 / 12 / 2005.

Olivardo Facó

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Raimundo Martins Filho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará

Dr. Raimundo Nonato Braga Lôbo (Co-Orientador)
Embrapa Caprinos

Dra. Danielle Maria Machado Ribeiro Azevedo
Embrapa Meio-Norte

Prof. Dr. Gabrimar Araújo Martins
Universidade Estadual Vale do Acaraú

Profa. Dra. Sônia Maria Pinheiro de Oliveira
Universidade Federal do Ceará

À minha esposa, Renata, pela cumplicidade e
compreensão em todos os momentos desta caminhada e
ao meu Filho, Renan, pela alegria de sua presença.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará, através da Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade e pelo suporte que permitiu a realização da presente tese.

À Embrapa Caprinos, através de sua Chefe Geral, Dra. Maria Pinheiro, e do seu Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento, Dr. Raimundo Lôbo, pela compreensão e apoio para a finalização desta tese.

À FUNCAP pela bolsa de estudo que me permitiu realizar parte do curso de doutorado.

À Associação Brasileira dos Criadores de Girolando por disponibilizar os dados objeto do presente estudo e pela presteza em fornecer esclarecimentos acerca dos mesmos.

Ao Prof. Dr. Raimundo Martins Filho pela orientação, pelo exemplo e pelo acompanhamento dos trabalhos.

Ao Dr. Raimundo Nonato Braga Lôbo pela orientação e amizade.

Aos conselheiros Dra. Danielle Maria Machado Ribeiro, Prof. Dr. Gabrimar Araújo Martins e Profa. Dra. Sônia Maria Pinheiro Oliveira pela disponibilidade e importante colaboração para o aprimoramento desta Tese.

Aos meus pais pelo esforço em proporcionar-me condições de obter conquistas como esta.

Ao meu sogro e à minha sogra pelo apoio em todos os momentos.

A todos os meus familiares que estão sempre torcendo pelo meu sucesso.

Ao bolsista e amigo Pedro pela grande ajuda na preparação do arquivo de dados.

A todos os colegas de curso pela colaboração e convivência harmoniosa.

A DEUS por minha vida e por iluminar sempre meu caminho.

“É melhor tentar e falhar, que preocupar-se e ver a vida passar; é melhor tentar, ainda que em vão, que sentar-se fazendo nada até o final.

Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias tristes em casa me esconder. Prefiro ser feliz, embora louco, que em conformidade viver ...”

Martin Luther King

RESUMO

A partir de dados de genealogia, produção de leite e registro de partos de animais de vários grupos genéticos Holandês x Gir, obtidos junto à Associação Brasileira dos Criadores de Girolando, foram realizados três estudos. No primeiro estudo foram investigados os efeitos do tratamento das informações de duração da lactação sobre variabilidade genética para a produção de leite em animais de vários grupos genéticos Holandês x Gir. Estimativas dos componentes de (co)variância foram obtidas por meio do método da máxima verossimilhança restrita (REML) sob modelo animal. As estimativas de herdabilidade para produção de leite foram de 0,24, 0,31 e 0,27 quando a produção de leite foi ajustada para a duração da lactação, quando as lactações inferiores a 120 dias de duração foram eliminadas e quando todas as lactações foram consideradas sem ajuste para a duração da lactação, respectivamente. Conclui-se que o ajuste da produção de leite para a duração da lactação pode levar a práticas equivocadas na comparação de grupos genéticos Holandês x Gir para a produção de leite e na classificação dos animais por mérito genético. Porém, a eliminação das lactações curtas não reduziu a variabilidade genética e diminuiu a variância residual, contribuindo para a melhoria da qualidade das avaliações genéticas. No segundo estudo foram estimados os efeitos de diferença genética aditiva entre as raças Holandesa e Gir, de dominância e de recombinação, para as características produção de leite por lactação (PL), produção de leite até os 305 dias de lactação (PL305), duração da lactação (DL), intervalo de partos (IDP), idade ao primeiro parto (IPP) e produção de leite por dia de intervalo de partos (PL/IDP). As estimativas para a diferença genética aditiva entre as duas raças foram significativas para todas as características, exceto para o IDP, sendo estimadas em 3.115 ± 273 kg, 2.574 ± 226 kg, 98 ± 13 dias, -236 ± 67 dias e $7,5 \pm 0,9$ kg/dia para PL, PL305, DL, IPP e PL/IDP, respectivamente. Os efeitos de dominância (heterose) também foram significativos para todas as características, exceto para a DL. Foi verificada significativa perda por recombinação para PL e PL305. No terceiro estudo foi investigada a presença da heterogeneidade de variâncias para a produção de leite em vacas mestiças Holandês x Gir e suas conseqüências sobre a avaliação genética dos animais. Estimativas dos componentes de (co)variância foram obtidas através do método da máxima verossimilhança restrita (REML) sob modelo animal, utilizando modelo unicaráter e tricaráter, sendo neste último as produções de leite dos animais dos grupos genéticos 1/2, 5/8 e 3/4 consideradas como características diferentes. A estimativa de herdabilidade para produção de leite obtida pelo modelo unicaráter foi de 0,31, enquanto pelo modelo tricaráter estas estimativas foram de 0,19, 0,26 e 0,37 para as produções de leite nos grupos genéticos 1/2, 5/8 e 3/4, respectivamente. As classificações dos animais em função dos valores genéticos preditos foram diferentes quando foram utilizados os modelos uni ou tricaráter. Os resultados evidenciaram a existência de variâncias heterogêneas para a produção de leite entre os grupo genéticos formadores da Raça Girolando.

Palavras-chave: Avaliação genética. Cruzamentos. Dominância. Epistasia. Herdabilidade. Seleção.

ABSTRACT

From records of genealogy and control of dairy and reproductive traits, supplied by Brazilian Association of Girolando Breeders, three studies were carried out. In the first study were investigated the effects of the treatment of lactation length information on genetic variability for milk yield in animals of several Holstein x Gir groups genetic. Estimates of (co)variance components were obtained through the method of the restricted maximum likelihood verisimilitude (REML) under animal model. The heritability estimates for milk yield were of 0.24, 0.31 and 0.27, when milk yield was adjusted by lactation length, when lactations inferior to 120 days of length were excluded and when all lactations were considered not adjusting by lactation length, respectively. It was concluded that the adjustment of milk yield by lactation length could take to mistaken practices in the comparison of Holstein x Gir genetic groups for milk yield and in the ranking of the animals by genetic merit. However, the exclusion of short lactations did not reduce the genetic variability and reduced the residual variance, contributing to the improvement of the quality of the genetic evaluations. In the second study were estimated the effects of additive difference between Holstein and Gir breeds, dominance and epistatics, for traits milk yield (PL), 305 days milk yield (PL305), lactation length (DL), calving interval (IDP), age at first calving (IPP) and milk yield by day of calving interval (PL/IDP). The estimates for the additive genetic difference between the two breeds were significant for all the traits, except for IDP, being $3,115 \pm 273$ kg, $2,574 \pm 226$ kg, 98 ± 13 days, -236 ± 67 days and 7.5 ± 0.9 kg/day for PL, PL305, DL, IPP and PL/IDP, respectively. The dominance effects (heterotic) were also significant for all the traits, except for DL. Significant recombination loss was verified for PL and PL305. In the third study, the presence of heterogeneous variances for milk yield in Holstein x Gir crossbred cows and their consequences on animals genetic evaluations were investigated. Estimates of the components of (co)variance were obtained through the method of restricted maximum likelihood (REML) under animal model, using one-trait and three-traits models, where in the last one the milk yield from animals of the genetic groups 1/2, 5/8 and 3/4 were considered as different traits. The heritability estimate for milk yield obtained by the one-trait model was of 0.31, while for the three-traits model they were 0.19, 0.26 and 0.37 for the milk yield in the genetic groups 1/2, 5/8 and 3/4, respectively. The ranking of the animals in function of the predicted breeding values were different when were used the one-trait or three-traits models. The results shown the existence of heterogeneous variances for the lactation milk yield among the base genetic groups of Girolando Breed.

Keywords: Crossbreeding. Dominance. Epistasis. Genetic evaluations. Heritability. Selection.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Distribuição de frequências dos registros (percentagens entre parênteses) segundo o tipo de lactação e o grupo genético.....	29
TABELA 2 -	Estimativas de componentes de variância e de parâmetros genéticos e fenotípicos para as características produção de leite e duração da lactação, de acordo com a metodologia adotada no tratamento das informações de produção de leite.....	30
TABELA 3 -	Estimativas dos efeitos de grupo genético para a característica produção de leite, expressas como desvio em relação ao grupo genético 1/2, de acordo com a metodologia adotada no tratamento das informações de produção de leite.....	31
TABELA 4 -	Coefficientes de correlação de Spearman (acima das diagonais) entre os valores genéticos preditos pelas três metodologias estudadas e número de observações utilizadas (abaixo das diagonais), de acordo com o grupo de animais considerados.....	33
TABELA 5 -	Distribuição de frequências e valores de proporção esperada de genes da raça holandesa (a), heterozigosidade esperada (h) e recombinação média esperada de pares de locos originados das raças Holandês e Gir (r) para as observações de produção de leite, de acordo com os grupos genéticos das vacas, dos pais das vacas e das mães das vacas.....	40
TABELA 6 -	Estimativas dos efeitos genéticos aditivos, de dominância e de recombinação, herdabilidade e repetibilidade para as características produtivas em animais mestiços Holandês x Gir...	42
TABELA 7 -	Estimativas dos efeitos genéticos aditivos, de dominância e de recombinação, herdabilidade e repetibilidade para as características reprodutivas em animais mestiços Holandês x Gir	43
TABELA 8 -	Estimativas dos efeitos genéticos aditivos, de dominância e de recombinação, herdabilidade e repetibilidade para a característica produção de leite por dias de intervalo de parto em animais mestiços Holandês x Gir.....	44
TABELA 9 -	Distribuição de frequências para as observações de produção de leite, de acordo com os grupos genéticos das vacas e das mães das vacas.....	52
TABELA 10 -	Número de observações, médias, desvios padrão para as características produção de leite por lactação geral (PL) e produção de leite por lactação nos grupos genéticos 1/2 (PL12), 5/8 (PL58) e 3/4 (PL34).....	54

TABELA 11 - Estimativas de componentes de variância (kg^2), herdabilidade e repetibilidade para produção de leite por lactação em animais mestiços Holandês x Gir, obtidas nas análises unicaráter e tricaráter.....	55
TABELA 12 - Valores da correlação de Spearman entre os valores genéticos preditos pela utilização dos modelos uni e tricaráter e respectivos graus de liberdade (GI), de acordo com o grupo de animais selecionados.....	56
TABELA 13 - Predições dos valores genéticos para as características produção de leite por lactação geral (PL) e produção de leite por lactação nos grupos genéticos 1/2 (PL12), 5/8 (PL58) e 3/4 (PL34) e classificação dos dez melhores touros, considerando os modelo uni ou tricaráter.....	57

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	14
1.1 Efeitos genéticos dos cruzamentos.....	14
1.2 Avaliação Genética e Melhoramento em Rebanhos Mestiços.....	18
1.3 Tratamento das Informações de Duração da Lactação.....	20
1.4 Objetivos.....	21
1.4.1 Objetivo geral.....	22
1.4.2 Objetivos específicos.....	22
2 EFEITO DA ELIMINAÇÃO DAS LACTAÇÕES CURTAS E DO AJUSTE DA PRODUÇÃO DE LEITE PELA DURAÇÃO DA LACTAÇÃO SOBRE A COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO PRODUTIVO DE VACAS MESTIÇAS HOLANDÊS X GIR.....	24
2.1 Introdução.....	25
2.2 Material e Métodos.....	27
2.3 Resultados e Discussão.....	28
2.4 Conclusões.....	34
2.5 Referências Bibliográficas.....	34
3 ESTIMATIVAS DE EFEITOS GENÉTICOS ADITIVOS E NÃO ADITIVOS PARA CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E REPRODUTIVAS EM VACAS MESTIÇAS HOLANDÊS X GIR.....	36
3.1 Introdução.....	37
3.2 Material e Métodos.....	38
3.3 Resultados e Discussão.....	41
3.4 Conclusões.....	46
3.5 Referências Bibliográficas.....	46

4 HETEROGENEIDADE DE (CO)VARIÂNCIA PARA A PRODUÇÃO DE LEITE NOS GRUPOS GENÉTICOS FORMADORES DA RAÇA GIROLANDO.....	49
4.1 Introdução.....	50
4.2 Material e Métodos.....	51
4.3 Resultados e Discussão.....	54
4.4 Conclusões.....	57
4.5 Referências Bibliográficas.....	58
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS.....	62

1 INTRODUÇÃO GERAL

Com o atual processo de integração das economias nacionais, o produtor de leite brasileiro se vê frente a um desafio crescente: aumentar a produção e reduzir os custos, ou seja, aumentar a produtividade para competir no mercado globalizado.

No entanto, a produtividade dos sistemas de produção de leite em áreas de clima tropical é caracteristicamente baixa em todo o mundo, quando comparada aos sistemas de clima temperado. Tal ineficiência se dá pelos seguintes aspectos, que se somam e interagem: inadequados manejos nutricional, reprodutivo e sanitário, limitado potencial genético dos rebanhos e condições climáticas hostis.

Na tentativa de melhorar a produtividade destes sistemas tem-se utilizado em larga escala o cruzamento de raças zebuínas (ou nativas adaptadas), que apresentam excelente adaptação às condições tropicais, com raças de origem europeia especializadas para produção de leite. Isto ocorre, geralmente, devido aos sérios problemas de adaptação dos animais puros de raças especializadas sob condições tropicais (estresse térmico, baixa qualidade dos alimentos, manejo inadequado, parasitas, etc.), que, em muitos casos, inviabilizam o sistema de produção. Fundamentalmente, o principal objetivo deste tipo de cruzamento é utilizar-se da expressão da heterose e da complementaridade entre estes tipos zootécnicos para a obtenção de animais mais adaptados e produtivos sob tais condições.

1.1 Efeitos genéticos dos cruzamentos

Segundo Euclides Filho (1996), o cruzamento em espécies animais exploradas economicamente tem como objetivos: produção de heterose ou vigor híbrido; combinação dos méritos genéticos de diferentes raças em um único indivíduo; e possibilidade da rápida incorporação do material genético desejado.

A heterose é definida como sendo a diferença entre a média da característica avaliada (fenótipo) nos indivíduos oriundos do cruzamento, os mestiços, e a média desta mesma característica medida nos pais (EUCLIDES FILHO, 1996).

Para Falconer e Mackay (1996), o fenômeno da heterose é, simplesmente, o inverso da depressão causada pela endogamia, que seria a redução dos valores fenotípicos médios de populações oriundas de acasalamentos consangüíneos. Afirma ainda que a heterose

é explicada pelo aumento da heterozigose nos indivíduos resultantes dos cruzamentos e é devida a duas possíveis causas: a interação gênica intraloco, dominância, e a interação entre genes de locos diferentes, epistasia. Segundo estes autores, do ponto de vista da fisiologia animal, o aumento da heterozigose possibilita a produção de maior número de enzimas, garantindo ao mestiço maior “versatilidade bioquímica”, o que o capacita a ajustar melhor os seus mecanismos fisiológicos e de desenvolvimento às circunstâncias de ambiente.

Uma vez que a heterose é causada por ação gênica não aditiva, Giannoni e Giannoni (1983), destacaram algumas particularidades do deste fenômeno:

a) Em geral, a expressão fenotípica da prole mestiça será tanto mais intensa quanto maiores forem as diferenças genéticas existentes entre os indivíduos acasalados;

b) Os caracteres de alta herdabilidade apresentam pequeno vigor heterótico, enquanto os de baixa herdabilidade mostram respostas intensas aos cruzamentos. Portanto, verifica-se que para as características cujas expressões fenotípicas dependem de ação gênica não aditiva o cruzamento induz maior grau de heterose;

c) Quando um ou poucos locos gênicos passam ao estado de homozigose, em consequência de acasalamentos endogâmicos, não ocorre acentuada depressão dos valores fenotípicos, uma vez que os locos heterozigóticos equilibram os efeitos dos homozigotos. À medida que o coeficiente de consangüinidade cresce, as características de herança não aditiva sofrem efeitos mais intensos;

d) Os genes que induzem nos indivíduos maior valor adaptativo tendem a ser parcial ou totalmente dominantes. Conseqüentemente, na ausência de dominância não se espera que ocorra declínio do valor fenotípico médio da população em decorrência de acasalamentos consangüíneos. Já quando a dominância é completa e são desconsiderados os efeitos da epistasia, o decréscimo desse valor é linear ao coeficiente de endogamia.

Gregory et al. (1992), observaram que há uma alta relação entre heterozigose mantida e heterose, no entanto destacam que esta relação não é linear para todas as situações, isto é, para algumas características e para algumas combinações raciais, a heterose mantida pode ser maior ou menor que a esperada pela heterozigosidade retida.

A retenção da heterozigosidade inicial após o cruzamento e subsequente acasalamento aleatório entre os mestiços é proporcional a $(n-1)/n$ quando n raças contribuem igualmente para a fundação. Esta perda de heterozigosidade ocorre entre as gerações F1 e F2 e, se a endogamia for evitada, não ocorre perda adicional de heterozigosidade nas populações acasaladas entre si (GREGORY et al., 1992). Os resultados obtidos por estes autores têm

fundamentado a formação de populações sintéticas com a utilização de grande número de raças.

Embora a heterose seja talvez o mais importante resultado dos cruzamentos, ao se promover cruzamentos está-se não só utilizando ou procurando utilizar os benefícios da heterose, mas também combinando nos produtos, características desejáveis das raças envolvidas (EUCLIDES FILHO, 1996). Neste sentido, Daly (1977) colocou que raças utilizadas em cruzamentos que produzem bons resultados mostram “habilidade combinatória” ou complementaridade.

Muito embora os cruzamentos possam levar a ganhos de produtividade em função da heterose e da complementaridade entre as raças envolvidas, tendo em vista que durante a formação das raças puras, o processo de seleção realizado leva à fixação não apenas de genes de ação isolada, mas também à fixação de interações epistáticas favoráveis, a recombinação gênica, característica dos cruzamentos e, principalmente, da bimestiçagem, pode levar à quebra ou perda dessas interações epistáticas favoráveis e, por conseguinte, à redução do desempenho.

Dickerson (1969) afirma que a magnitude dos efeitos de heterose e recombinação sobre o desempenho animal determina o potencial genético dos cruzamentos em cada espécie pecuária. Assim, o conhecimento da natureza e da magnitude dos efeitos genéticos dos cruzamentos, ou seja, diferença genética aditiva entre as raças envolvidas, efeitos de dominância e efeitos de epistasia, é fundamental para o delineamento de programas de cruzamentos e de melhoramento genético para bovinos leiteiros nos trópicos.

Martinez et al. (1988), estudando 6.482 lactações de 14 rebanhos mestiços (Holandês x Zebu), da região sudeste do Brasil, observaram que os efeitos aditivos da raça holandesa e da heterose influenciaram significativamente o desempenho das vacas mestiças, e que a heterose estimada deveu-se basicamente à dominância.

Madalena et al. (1990), estudaram características de primeira e segunda lactação de animais mestiços de seis grupos genéticos Holandês x Guzerá, sob dois níveis de manejo (fazendas agrupadas de acordo com a produção de leite, idade ao primeiro parto e avaliação subjetiva das condições de manejo). As estimativas para os efeitos genéticos diretos e de heterose para a produção de leite foram elevadas, positivas e significativas. Os autores concluíram que o efeito genético direto da raça Holandesa conferiu uma habilidade favorável para a produção de leite, a qual foi complementada pela heterose a partir do cruzamento com o Zebu. As estimativas dos efeitos genéticos diretos para a duração da lactação também foram elevadas, positivas e significativas, mas as estimativas para o efeito de heterose foram

reduzidas na segunda lactação. Estes autores observaram que as estimativas dos efeitos genéticos diretos da raça Holandesa foram maiores no nível de manejo alto, enquanto que as estimativas de heterose tenderam a ser mais elevadas no nível de manejo baixo. Com relação ao desempenho reprodutivo, não foram observados efeitos significativos para a diferença genética aditiva entre as raças, nem para a heterose.

Lemos et al. (1992), analisando dados de idade ao primeiro parto de 463 fêmeas mestiças de seis grupos genéticos Guzerá x Holandês Vermelho e Branco, em dois níveis de manejo, observaram desempenho superior para o grupo genético F1. No nível de manejo baixo, os animais 5/8 Holandês tiveram os piores desempenhos. Estes observaram que tanto o efeito genético aditivo da raça holandesa quanto o efeito da heterose foram favoráveis e que a heterose foi mais importante no nível de manejo mais baixo.

Mackinnon et al. (1996), trabalhando com dados de animais mestiços Sahiwal, Ayrshire e Pardo Suíço, de 20 genótipos diferentes, criados na costa sub-úmida do Quênia, observaram médias de 3.268 ± 825 kg, 322 ± 60 dias, 398 ± 63 dias e $8,2 \pm 1,66$ kg por dia para as características produção de leite por lactação, duração da lactação, intervalo de partos e produção de leite por dia de intervalo de partos, respectivamente, com estimativas de herdabilidade de 0,09, 0,04, 0,05 e 0,13, na mesma ordem. Estes autores detectaram elevada heterose entre mestiços Sahiwal x *Bos taurus* (Ayrshire e Pardo Suíço), enquanto que a heterose entre Ayrshire x Pardo Suíço foi considerada negligível. As estimativas de heterose materna e perda por recombinação (epistasia) não foram significativas, concluindo que a heterose entre as raças zebuínas e européias deveu-se principalmente aos efeitos de dominância.

Kahi et al. (2000a), trabalhando estimativas de efeitos genéticos dos cruzamentos em animais mestiços das raças Ayrshire, Pardo-Suíça, Holandesa e Sahiwal, observaram efeitos significativos para diferença genética entre as raças para as características produção de leite, intervalo de partos e duração da lactação. Já em relação aos efeitos de heterose (dominância), estes foram significativos apenas para o intervalo de partos. Enquanto que os efeitos de recombinação não foram significativos.

Facó et al. (2002), estudando 3.574 lactações de mestiços Holandês x Gir, observaram significativas diferenças genéticas aditivas entre as raças para as características produção de leite e duração da lactação. Já os efeitos de dominância foram significativos apenas para a produção de leite, enquanto que os efeitos de interações epistáticas foram significativos somente para a produção de leite apenas em algumas situações, concluindo que nem sempre os efeitos da interação epistática são negligenciáveis.

Demeke et al. (2004), trabalhando com informações de animais puros e mestiços das raças Boran, Holandesa e Jersey, verificaram efeitos significativos para a diferença genética aditiva entre as raças e para o efeito de heterose para as características produção de leite e duração da lactação, sendo a recombinação significativa apenas entre as raças Boran e Holandesa para a produção de leite.

Facó et al. (2005), estudando a idade ao primeiro parto e o intervalo de partos em animais mestiços Holandês x Gir, obtiveram estimativas significativas de heterose para ambas as características e de interação epistáticas para a idade ao primeiro parto, enquanto não foi verificada diferença genética aditiva significativa entre as raças.

Os efeitos dos cruzamentos têm sido comumente estimados utilizando o método dos quadrados mínimos (MARTINEZ et al., 1988; MADALENA et al., 1990; LEMOS et al., 1992; REGE et al., 1994; KAHN et al., 1995; FACÓ et al., 2002; FACÓ et al., 2005). No entanto, a utilização dos modelos mistos tem se tornado largamente aceita (KOMENDER e HOESCHELE, 1989; MACKINNON et al., 1996; KAHN et al., 2000a; EL FADILI e LEROY, 2001; DEMEKE et al., 2004; WOLF et al. 2005).

Segundo Komender e Hoeschele (1989), a acurácia da estimativa dos efeitos dos cruzamentos pode ser elevada pela inclusão da matriz de parentesco em um modelo animal. Além disso, os modelos mistos permitem a estimação simultânea tanto dos parâmetros de cruzamento quanto das herdabilidades e correlações genéticas (EL FADILI e LEROY, 2001).

1.2 Avaliação Genética e Melhoramento em Rebanhos Mestiços

Daly (1977) lembrou que o progresso de um programa de cruzamento é dependente da taxa de ganho genético nos rebanhos puros, portanto, a decisão de utilizar os cruzamentos como meio de obter maior desempenho animal não deve estar desvinculada da consciência da importância da seleção.

Mackinnon et al. (1996) afirmaram que o melhoramento genético em rebanhos mestiços pode ser atingido pela combinação de dois métodos: maximizando a heterose e a retenção da heterose através da otimização da combinação de raças e sistemas de cruzamento; e seleção para melhorar os valores genéticos aditivos das raças componentes. Segundo estes autores, no primeiro método, o desafio é identificar as causas da heterose de maneira que as vantagens da retenção da heterose nas várias gerações possam ser preditas e, conseqüentemente, maximizadas. Já no segundo método, o desafio é separar as contribuições

dos efeitos genéticos aditivos médios das raças e dos efeitos genéticos não-aditivos daquelas do valor genético aditivo individual.

Swan e Kinghorn (1992), discutindo as formas de exploração plena dos recursos genéticos em rebanhos mestiços, definiram duas vias. A primeira consistiria na definição, através da utilização de modelos genéticos de regressão para estimativa dos efeitos genéticos aditivos e não-aditivos e predição do desempenho de vários grupos genéticos, o sistema de cruzamento a ser utilizado (rotacional, sintético, etc.), o qual seria mantido estritamente, praticando, simultaneamente, seleção dentro de cada grupo genético baseada nas estimativas dos valores genéticos individuais, obtidas a partir de um modelo misto onde os efeitos fixos considerariam os efeitos genéticos aditivos e não-aditivos do grupo genético. Uma via alternativa seria a utilização de um modelo de avaliação genética que considere o valor de um animal em cada grupo genético como características diferentes em um modelo multicaráter. Segundo estes autores, a utilização de um modelo multicaráter tem a vantagem de produzir uma série de provas, uma para cada grupo genético com o qual o indivíduo poderia ser acasalado, e baseado nestas, onde o valor genético de um indivíduo pode variar dependendo do grupo genético com o qual será acasalado, os acasalamentos mais favoráveis poderiam ser selecionados.

Kahi et al. (2000b), trabalhando com a predição de desempenho de nove estratégias de cruzamentos entre as raças Ayrshire, Pardo-Suíça, Holandesa e Sahiwal, chegaram a uma conclusão contrária à recomendação predominante de que o F1 europeu-zebu é o genótipo mais recomendado para a produção de leite nos trópicos. Estes autores destacaram a necessidade de maior atenção para o potencial das raças sintéticas e para a formulação de estratégias visando o desenvolvimento e exploração das mesmas.

Oliveira et al. (2001) alertaram que nos processos de formação de populações sintéticas utiliza-se tanto a seleção quanto o cruzamento como ferramentas, sendo provável que as diferentes gerações caracterizadas pelos diversos grupos genéticos apresentem heterogeneidade de variância.

Os modelos BLUP multirraciais utilizados para a predição dos valores genéticos a partir de dados de animais mestiços, geralmente assumem homogeneidade de variâncias entre os grupos genéticos (CREWS e FRANKE, 1998).

Uma vez que os componentes de variância são essenciais para as estimativas de herdabilidade e das correlações genéticas entre as características, e a precisão das predições dos valores genéticos e do progresso genético esperado na população sob seleção (COSTA et al., 2004), é fundamental que as melhores estimativas de (co)variância sejam utilizadas e que

as possíveis heterogeneidades de variância sejam consideradas para que o processo de avaliação genético seja correto (VISON, 1987; VAN VLECK, 1994).

Alguns autores (RODRIGUEZ-ALMEIDA et al. 1995; CREWS e FRANKE, 1998; OLIVEIRA et al. 2001) têm relatado a existência de heterogeneidade de variância entre grupos genéticos. Nestes casos, a utilização de um modelo multicaráter seria indicada.

Nunez-Dominguez et al. (1995) e Crews e Franke (1998) encontraram alterações de postos quando compararam classificações fornecidas por modelos que consideravam ou não a existência de variâncias heterogêneas.

1.3 Tratamento das Informações de Duração da Lactação

Outro aspecto importante quando se está trabalhando com informações de desempenho de animais mestiços Europeu x Zebu para produção de leite nos trópicos é o tratamento das informações referentes à duração da lactação.

Várias metodologias são comumente adotadas quando do processamento das informações de controle leiteiro para a avaliação da capacidade de produção de leite dos animais. Dentre estas, destacam-se: ajuste da produção para a duração da lactação; a exclusão das lactações curtas; e o uso de todas as observações sem ajustar para a duração da lactação.

Madalena et al. (1989) citam, como fatores que podem levar a lactações curtas, a ocorrência de doenças, a morte e o potencial genético limitado. Segundo estes autores, nos casos de lactações curtas em função de doença ou morte, é razoável que tais registros sejam excluídos, pois podem prejudicar as análises. No entanto, nos casos de lactações curtas em função de limitação genética, tais registros não devem ser excluídos, pois desta forma estar-se-á retirando variação genética, podendo, conseqüentemente, levar a conclusões distorcidas na comparação do desempenho dos diversos grupos genéticos estudados. Além disso, a susceptibilidade a doenças e a mortalidade são fatores muitas vezes associados ao grupo genético.

Madalena et al. (1992), utilizando registros de desempenho de animais de seis grupos genéticos mestiços de Holandês Vermelho e Branco e Guzerá, estudaram o resultado do uso destas três metodologias e concluíram: a remoção da variação na duração da lactação entre os grupos genéticos reduzirá a diferença na produção de leite entre estes grupos, exceto em casos onde a correlação entre produção de leite e duração da lactação for baixa; o ajuste da produção para a duração da lactação produzirá estimativas viesadas e reduzidas da diferença

aditiva entre as raças, quando estas diferirem na duração da lactação, e produzirá estimativas viesadas e reduzidas da heterose quando existir heterose para a duração da lactação; estimativas viesadas semelhantes são esperadas a partir da exclusão das lactações curtas, estando a magnitude do viés dependendo da proporção de registros excluídos; uma avaliação mais realística de raças e mestiços será obtida se não houver ajuste da produção para a duração da lactação, nem exclusão de lactações “anormais” (curtas).

Mello et al. (1994), estudando o efeito da eliminação de lactações curtas e do ajuste pela duração da lactação na herdabilidade da produção de leite em um rebanho Gir, concluíram que a duração da lactação nos zebus é uma característica com variação genética e que a eliminação de lactações curtas e o ajuste para duração da lactação reduzem a variação genética existente na produção de leite.

Freitas et al. (1995), trabalhando com animais de grau de sangue europeu-zebu variando de 1/2 a 7/8, observaram que o ajuste para a duração da lactação provocou uma diminuição das estimativas de herdabilidade para as características produção total de leite por lactação e produção até os 305 dias de lactação, quando comparadas com aquelas obtidas sem tal ajuste, evidenciando uma redução da variabilidade genética provocada pelo ajuste.

Por outro lado, Mackinnon et al. (1996), trabalhando com dados de animais mestiços Sahiwal, Ayrshire e Pardo Suíço, de 20 genótipos diferentes, não observaram diferenças apreciáveis sobre as estimativas de variação genética ou de parâmetros de cruzamentos quando consideraram ou não nas análises as lactações inferiores a 180 dias.

Freitas et al. (1998), analisando registros de 2.362 lactações de 1.402 vacas mestiças, filhas de touros mestiços (5/8, 6/8 e 7/8 europeu), observaram que o ajuste dos registros para duração da lactação teve pouco efeito sobre a magnitude das diferenças entre os grupos genéticos e não afetou a interpretação dos resultados.

Facó (2001), a exemplo de Madalena et al. (1992), verificaram que a correção da produção de leite para a duração da lactação levou redução da variação entre grupo genéticos, tendo a eliminação das lactações curtas apresentado efeito semelhante, porém mais suave.

1.4 Objetivos

No Brasil a maior parte da produção de leite está baseada na utilização de mestiços zebuínos. Dentro deste universo, ocupam posição de destaque os mestiços Holandês x Gir. Dada a importância deste tipo racial no panorama da produção de leite nacional, em

1989, o Ministério da Agricultura, juntamente com as associações representativas, traçaram as normas (BRASIL, 1992) para a formação da Raça Girolando – Gado Leiteiro Tropical (5/8 Holandês + 3/8 Gir – bi-Mestiço).

Para criar uma ampla base genética para a formação da raça sintética, a princípio, animais de vários grupos genéticos Holandês x Gir estão sendo controlados. Desta forma, a obtenção de dados de produção de leite e de registros de partos junto à Associação Brasileira dos Criadores de Girolando, gerou a oportunidade para estudo do desempenho produtivo e reprodutivo dos vários grupos genéticos, no sentido de identificar dos principais fatores genéticos e de ambiente que influenciam o desempenho animal.

1.4.1 Objetivo geral

Estudar os vários fatores genéticos e de ambiente que afetam o desempenho produtivo e reprodutivo de animais mestiços Holandês x Gir, de modo a contribuir para um maior conhecimento acerca das potencialidades dos cruzamentos para a produção de leite no Brasil Tropical, assim como discutir as possíveis estratégias melhoramento genético.

1.4.2 Objetivos específicos

Algumas hipóteses científicas foram formuladas:

- a) A redução da variabilidade quanto à duração da lactação, pelo ajuste da produção de leite para a duração da lactação ou pela eliminação das lactações curtas da base de dados analisada, leva à redução da variabilidade genética e, conseqüentemente, à avaliação equivocada de grupos genéticos e animais mestiços Holandês x Gir;
- b) Do ponto de vista genético, o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais mestiços Holandês x Gir é resultado dos efeitos genéticos aditivos das raças e da heterose causada pelas ações gênicas de dominância, sendo as interações epistáticas de importância secundária;
- c) Na formação de raças sintéticas, como é o caso da Raça Girolando, a variabilidade genética é diferente entre os grupos genéticos que contribuem para sua formação.

Assim, os objetivos específicos neste trabalho foram investigar essas hipóteses científicas, utilizando informações de genealogia, produção de leite e de desempenho reprodutivo, fornecidas pela Associação Brasileira dos Criadores de Girolando, através da realização de três estudos, assim intitulados:

- 1) Efeito da Eliminação das Lactações Curtas e do Ajuste da Produção de Leite pela Duração da Lactação Sobre a Comparação do Desempenho Produtivo de Vacas Mestiças Holandês x Gir;
- 2) Estimativas de Efeitos Genéticos Aditivos e Não Aditivos Para Características Produtivas e Reprodutivas em Vacas Mestiças Holandês x Gir;
- 3) Heterogeneidade de (Co)variância para a Produção de Leite nos Grupos Genéticos Formadores da Raça Girolando.

2 EFEITO DA ELIMINAÇÃO DAS LACTAÇÕES CURTAS E DO AJUSTE DA PRODUÇÃO DE LEITE PELA DURAÇÃO DA LACTAÇÃO SOBRE A COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO PRODUTIVO DE VACAS MISTIÇAS HOLANDÊS X GIR

RESUMO – A partir de dados de controle leiteiro obtidos junto à Associação Brasileira dos Criadores de Girolando, os efeitos da remoção da variação na duração da lactação sobre a comparação de desempenho produtivo de vários grupos genéticos Holandês x Gir foram estudados através da comparação dos resultados obtidos a partir das três metodologias mais utilizadas: (a) ajuste da produção para a duração da lactação; (b) exclusão das lactações curtas (<120 dias de duração) sem ajuste para a duração da lactação; (c) uso de todas as observações sem ajuste para a duração da lactação. Estimativas dos componentes de (co)variância foram obtidas pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML) sob modelo animal. As estimativas de herdabilidade para produção de leite pelo uso das metodologias “a”, “b” e “c” foram de $0,24 \pm 0,029$, $0,31 \pm 0,034$ e $0,27 \pm 0,029$, respectivamente. Conclui-se que o ajuste da produção de leite para a duração da lactação pode levar a práticas equivocadas na comparação de grupos genéticos Holandês x Gir para a produção de leite e na classificação dos animais por mérito genético. Porém, a eliminação das lactações curtas mostrou-se decisão adequada uma vez que não reduziu a variabilidade genética e diminuiu a variância residual, contribuindo para a melhoria da qualidade das avaliações genéticas.

Palavras-chave: correlação de Spearman, correlação genética, cruzamentos, Girolando, herdabilidade

Effect of Excluding Short Lactations and of Adjusting Milk Yield by Lactation Length on Comparison of Holstein x Gir Crossbred Cows Productive Performance

ABSTRACT – From data of milk control obtained from Brazilian Association of Girolando Breeders, the effects of removing variation in lactation length on the comparison of productive performance of various Holstein x Gir crossbred genetic groups were studied through comparison of results obtained from the use of three methods: (a) adjusting milk yield by lactation length; (b) excluding short lactations (<120 days of length); (c) use of all records not adjusting by lactation length. Estimates of (co)variance components were obtained through the method of the restricted maximum likelihood verisimilitude (REML) under animal model. The heritability estimates for milk yield by the use of the methodologies “a”,

“b” and “c” were of 0.24 ± 0.029 , 0.31 ± 0.034 and 0.27 ± 0.029 , respectively. It was concluded that the adjustment of milk yield by lactation length could take to mistaken practices in the comparison of Holstein x Gir genetic groups for milk yield and in the ranking of the animals by genetic merit. However, the exclusion of the short lactations was shown appropriate decision once it did not reduce the genetic variability and it reduces the residual variance, contributing to the improvement of the quality of the genetic evaluations.

Keywords: crossbreeding, genetic correlations, Girolando, heritability, Spearman's correlations

2.1 Introdução

Várias metodologias são comumente adotadas quando do processamento das informações de controle leiteiro para a avaliação da capacidade de produção de leite dos animais. Dentre estas, destacam-se: (a) ajuste da produção para a duração da lactação; (b) exclusão das lactações curtas; (c) uso de todas as observações sem ajustar para a duração da lactação.

Dentre os fatores que podem levar a lactações curtas, pode-se destacar: doença, morte e potencial genético limitado. Nos casos de lactações curtas em função de doença ou morte, é razoável que tais registros sejam excluídos, pois podem prejudicar as análises. No entanto, nos casos de lactações curtas em função de limitação genética, tais registros não devem ser excluídos, pois desta forma estar-se-á retirando variação genética, podendo, conseqüentemente, levar a conclusões distorcidas na comparação do desempenho dos diversos grupos genéticos estudados. Além disso, a susceptibilidade a doenças e a mortalidade são fatores muitas vezes associados ao grupo genético (MADALENA et al., 1989).

Madalena et al. (1992), utilizando registros de desempenho de animais de seis grupos genéticos mestiços de Holandês Vermelho e Branco e Guzerá, estudaram o resultado do uso destas três metodologias e concluíram: (1) a remoção da variação na duração da lactação entre os grupos genéticos reduzirá a diferença na produção de leite entre estes grupos, exceto em casos onde a correlação entre produção de leite e duração da lactação for baixa; (2) o ajuste da produção para a duração da lactação produzirá estimativas viesadas e reduzidas da diferença aditiva entre as raças, quando estas diferirem na duração da lactação, e produzirá estimativas viesadas e reduzidas da heterose quando existir heterose para a duração da lactação; (3) estimativas viesadas semelhantes são esperadas a partir da exclusão das

lactações curtas, estando a magnitude do viés dependendo da proporção de registros excluídos; (4) uma avaliação mais realística de raças e mestiços será obtida se não houver ajuste da produção para a duração da lactação, nem exclusão de lactações “anormais” (curtas).

Mello et al. (1994), estudando o efeito da eliminação de lactações curtas e do ajuste pela duração da lactação na herdabilidade da produção de leite em um rebanho Gir, concluíram que a duração da lactação nos zebus é uma característica com variação genética e que a eliminação de lactações curtas e o ajuste para duração da lactação reduzem a variação genética existente na produção de leite.

Freitas et al. (1995), trabalhando com animais de grau de sangue europeu-zebu variando de 1/2 a 7/8, observaram que o ajuste para a duração da lactação provocou uma diminuição das estimativas de herdabilidade para as características produção total de leite por lactação e produção até os 305 dias de lactação, quando comparadas com aquelas obtidas sem tal ajuste, evidenciando uma redução da variabilidade genética provocada pelo ajuste.

Por outro lado, Mackinnon et al. (1996), trabalhando com dados de animais mestiços Sahiwal, Ayrshire e Pardo Suíço, de 20 genótipos diferentes, não observaram diferenças apreciáveis sobre as estimativas de variação genética ou de parâmetros de cruzamentos quando consideraram ou não nas análises as lactações inferiores a 180 dias.

Freitas et al. (1998), analisando registros de 2.362 lactações de 1.402 vacas mestiças, filhas de touros mestiços (5/8, 6/8 e 7/8 europeu), observaram que o ajuste dos registros para duração da lactação teve pouco efeito sobre a magnitude das diferenças entre os grupos genéticos e não afetou a interpretação dos resultados.

Facó (2001), a exemplo de Madalena et al. (1992), verificaram que a correção da produção de leite para a duração da lactação levou redução da variação entre grupo genéticos, tendo a eliminação das lactações curtas apresentado efeito semelhante, porém mais suave.

Neste estudo, o objetivo foi, a partir de dados de controle leiteiro obtidos junto à Associação Brasileira de Criadores de Girolando, verificar qual a metodologia mais adequada, no tocante à variação na duração da lactação, para o tratamento das informações de produção de leite visando à avaliação do potencial produtivo de animais mestiços de vários grupos genéticos Holandês x Gir.

2.2 Material e Métodos

Dados de produção total de leite por lactação (PL) e duração da lactação (DL) foram obtidos junto à Associação Brasileira dos Criadores de Girolando.

As análises descritivas dos dados foram realizadas por meio dos procedimentos estatísticos contidos no Statistical Analysis System - SAS (1999), verificando restrições, limitações e a consistência das informações.

O total de lactações presentes nos dados era inicialmente de 17.164. Foram excluídas informações de lactações com duração superior a 730 dias, com produção diária média inferior a 2 kg e superior a 65 kg, com produção total por lactação superior a 24.000 kg, provenientes de vacas em que a idade ao parto não apresentava coerência com a ordem de parto e de vacas de grupos genéticos com poucas informações (3/8, 7/16 e 13/16 de genes da raça Holandesa). Com estas restrições, o número de lactações caiu para 16.335.

Foram definidos como grupo de contemporâneas as vacas com lactações iniciadas no mesmo ano de parto (1991 a 2003), estação de parto (1-janeiro a março, 2-abril a junho, 3-julho a setembro e 4-outubro a dezembro) e rebanho (75). Utilizou-se uma matriz de parentesco completa, contendo um total de 10.315 animais, sendo 688 touros.

Com o objetivo de garantir uma melhor conectabilidade dos dados, foram excluídas informações de lactações provenientes de grupos contemporâneos que não tinham nenhum animal com informação de parentesco e de vacas que não tinham informação de parentesco nem eram mães de outras vacas com informação de produção de leite. Tais exclusões reduziram o número de lactações para 14.150. Por fim, foram eliminadas aquelas lactações provenientes de grupos contemporâneos com menos de cinco observações, restando um total de 13.176 lactações para análise.

A frequência de lactações curtas (<120 dias de duração) nos vários grupos genéticos foi comparada pelo teste qui-quadrado (SNEDECOR; COCHRAN, 1967), utilizando-se tabelas 2 x 2, sendo dois grupos genéticos de cada vez e duas classes de duração da lactação (<120 dias e maior ou igual a 120 dias).

O estudo do efeito da remoção da variação na duração da lactação foi realizado por meio da comparação dos resultados obtidos a partir de três metodologias: (a) ajuste da produção para a duração da lactação; (b) exclusão das lactações curtas sem ajuste para a duração da lactação; (c) uso de todas as observações sem ajuste para a duração da lactação. A metodologia "a" foi aplicada pela inclusão da duração da lactação como uma covariável no

modelo descrito abaixo, enquanto na metodologia “b” foram excluídas as lactações com duração inferior a 120 dias.

As estimativas dos componentes de (co)variância e de parâmetros genéticos para as características produção total de leite e duração da lactação foram obtidas pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML), sob um modelo animal, por meio do sistema computacional MTDFREML (BOLDMAN et al., 1995), sendo as mesmas obtidas pela utilização das três metodologias. O modelo padrão utilizado incluiu os efeitos fixos de grupo genético e de grupo de contemporâneas, a covariável idade da vaca ao parto (linear e quadrático) e os efeitos aleatórios genético aditivo e de ambiente permanente, além do efeito aleatório residual.

As correlações genéticas entre a produção de leite e a duração da lactação foram estimadas em análises bicaráter pelos métodos “b” e “c”.

Também utilizando o programa MTDFREML, desenvolvido por Boldman et al. (1995), foram obtidas predições dos valores genéticos de cada animal, estimativas dos efeitos dos grupos genéticos e calculados os contrastes entre os diversos grupos genéticos, buscando a comparação de desempenho entre os mesmos.

Com o objetivo de verificar possíveis alterações na ordem dos animais com bases em seus valores genéticos, foram calculadas as correlações de Spearman entre estes valores preditos pela aplicação das três metodologias, sendo, para tal, utilizado o procedimento Proc Corr do pacote estatístico SAS (1999).

2.3 Resultados e Discussão

O valor do teste qui-quadrado (χ^2) no rodapé da Tabela 1 indica que, nas condições deste estudo, existiu uma associação entre grupo genético e o tipo de lactação, ou seja, a frequência de lactações curtas dependeu do grupo genético. Observa-se que os animais do grupo genético 1/4 apresentaram uma incidência de lactações curtas (<120 dias) bem superior aos demais grupos, enquanto que aqueles dos grupos 7/8 e 5/8 foram os que apresentaram menor incidência deste tipo de lactação.

Madalena et al. (1983), trabalhando com animais 3/4, 7/8 e Holandês (PC e PO), não observaram associação entre lactações curtas e grupo genético. Por outro lado, Madalena et al. (1992) observaram maior frequência de lactações curtas para os grupos genéticos 1/4 e

5/8 sob alto nível de manejo, enquanto sob baixo nível de manejo o grupo Holandês apresentou maior incidência de lactações curtas.

TABELA 1 - Distribuição de freqüências dos registros (percentagens entre parênteses) segundo o tipo de lactação e o grupo genético.

Tipo de Lactação	Grupo Genético							Total
	Gir ^c	1/4 ^d	1/2 ^c	5/8 ^{ab}	3/4 ^c	7/8 ^a	Hol. ^{bc}	
Curta	62 (16,1)	164 (21,1)	608 (13,9)	200 (11,1)	630 (13,6)	73 (9,1)	55 (13,5)	1.792 (13,6)
Normal	324 (83,9)	615 (78,9)	3.759 (86,1)	1.600 (88,9)	4.005 (86,4)	730 (90,9)	351 (86,5)	11.384 (86,4)
Total	386	779	4.367	1.800	4.635	803	406	13.176

$\chi^2 = 62,58$ (P<0,0001).

^{a, b, c, ...} Grupos genéticos seguidos por letras diferentes apresentam freqüências de lactações curtas estatisticamente diferentes pelo teste χ^2 (P<0,05).

É importante destacar que, ao contrário do observado por Madalena et al. (1992), a freqüência de lactações curtas no grupo genético 5/8 foi menor do que na maioria dos outros grupos.

As correlações fenotípicas entre a produção de leite e a duração da lactação foram calculadas em 0,80 e 0,73 quando da utilização dos métodos “c” e “b”, respectivamente. Percebe-se uma redução de 0,07 pontos no coeficiente de correlação quando as lactações curtas foram excluídas. Já as correlações genéticas estimadas em análises bicaráter foram de 0,90 e 0,88 para os métodos “c” e “b”, respectivamente, evidenciando uma alta associação genética entre as duas características, com uma redução de 0,02 pontos no coeficiente de correlação quando as lactações curtas foram excluídas. Estes resultados podem ser indicativos de que a exclusão das lactações curtas tem maior efeito sobre a variação ambiente do que sobre a variação genética, uma vez que promoveu maior redução na correlação fenotípica do que da correlação genética.

Na Tabela 2, observou-se que o ajuste da produção de leite para a duração da lactação (metodologia “a”) resultou em estimativas de componentes de variância para a característica produção de leite bem mais reduzidas que aquelas obtidas pela aplicação das outras metodologias, sendo esta redução proporcionalmente maior para às variâncias genética aditiva (67%) e de ambiente permanente (68%) do que para a variância residual (61%). Tal

fato se reflete nas reduzidas estimativas de herdabilidade e repetibilidade quando comparadas àquelas obtidas pelas metodologias “b” e “c”. Assim, conclui-se que o ajuste da produção de leite para a duração da lactação remove mais variabilidade genética do que ambiente, não sendo, portanto, indicada para tratar os dados presentes.

TABELA 2 - Estimativas de componentes de variância e de parâmetros genéticos e fenotípicos para as características produção de leite e duração da lactação, de acordo com a metodologia adotada no tratamento das informações de produção de leite.

Componente ou Parâmetro	Metodologia ¹		
	a	b	c
Produção de Leite			
Genético Aditivo (kg ²)	211.665	619.943	643.687
Ambiente Permanente (kg ²)	110.715	307.828	342.452
Residual (kg ²)	546.955	1.051.068	1.388.004
Fenotípico (kg ²)	869.335	1.978.839	2.374.143
Herdabilidade	0,24 ± 0,029	0,31 ± 0,034	0,27 ± 0,029
Repetibilidade	0,37 ± 0,028	0,47 ± 0,033	0,42 ± 0,029
Duração da Lactação			
Genético Aditivo (kg ²)		581	953
Ambiente Permanente (kg ²)		439	533
Residual (kg ²)		3.603	5.496
Fenotípico (kg ²)		4.623	6.982
Herdabilidade		0,13 ± 0,026	0,14 ± 0,023
Repetibilidade		0,22 ± 0,028	0,21 ± 0,024

¹ a) ajustando as produções para a duração da lactação; b) eliminando as lactações inferiores a 120 dias sem ajustar para a duração da lactação; c) todas as lactação e sem ajustar para a duração da lactação.

Comparando-se os resultados obtidos pelas metodologias “b” e “c”, observa-se na Tabela 2 que a eliminação das lactações curtas (metodologia “b”) levou à produção de estimativas de componentes de variância inferiores àquelas obtidas quando foram utilizadas todas as lactações (metodologia “c”). No entanto, foi menor a redução para as variâncias genética aditiva (4%) e de ambiente permanente (10%), do que para o componente residual (24%). Como consequência, as estimativas de herdabilidade e de repetibilidade foram maiores quando do uso da metodologia “b”. Logo, a eliminação de lactações curtas mostrou-se decisão

adequada, uma vez que removeu principalmente variação residual, com pouco efeito sobre a variação genética, contribuindo para uma avaliação mais correta dos genótipos.

Quanto à característica duração da lactação, de acordo os resultados presentes na Tabela 2, percebe-se que os componentes de variância estimados através da utilização da metodologia “b” foram inferiores àqueles obtidos quando não houve eliminação das lactações curtas. Tal inferioridade foi proporcionalmente semelhante para os componentes de variância genético aditivo (39%) e residual (34%), sendo menor para o componente de ambiente permanente (18%). Como consequência, estimativas de herdabilidade e repetibilidade foram muito próximas.

Em função destes resultados, pode-se concluir que a eliminação das lactações curtas não levou a redução expressiva da variabilidade genética quanto à produção de leite, logo, não parece comprometer a adequada comparação entre os vários genótipos.

Observando as estimativas dos efeitos de grupo genético, contidas na Tabela 3, pode-se verificar que em qualquer das três metodologias o grupo genético de pior desempenho foi o Gir, seguido dos grupos 1/4 e 1/2. No entanto, quando são comparados os demais grupos genéticos, o resultado varia com a metodologia utilizada.

TABELA 3 - Estimativas dos efeitos de grupo genético para a característica produção de leite, expressas como desvio em relação ao grupo genético 1/2, de acordo com a metodologia adotada no tratamento das informações de produção de leite.

Grupo Genético	Metodologia ¹		
	a	b	c
Gir	-1.187 ^d	-1.895 ^e	-1.993 ^e
1/4	-595 ^c	-965 ^d	-983 ^d
1/2	0 ^b	0 ^c	0 ^c
5/8	99 ^a	278 ^b	375 ^{ab}
3/4	97 ^a	317 ^b	258 ^b
7/8	146 ^a	591 ^a	545 ^a
Holandês	117 ^{ab}	455 ^{ab}	267 ^b

¹ a) ajustando as produções para a duração da lactação; b) eliminando as lactações inferiores a 120 dias sem ajustar para a duração da lactação; c) todas as lactação e sem ajustar para a duração da lactação.

A correção da produção de leite pela duração da lactação (metodologia “a”) promoveu uma redução das diferenças entre os grupos genéticos de maneira que não foram

verificadas diferenças significativas entre os grupos 5/8, 3/4, 7/8 e Holandês. Além disso, ao contrário dos resultados obtidos pelo uso das metodologias “b” e “c”, o desempenho do grupo genético 1/2 foi equivalente ao Holandês. Estes resultados são coerentes com a redução da variabilidade genética proporcionada pela metodologia “a”, evidenciada na Tabela 2.

Comparando os resultados obtidos pelo uso das metodologias “b” e “c”, constata-se que embora os resultados sejam bastante semelhantes e o grupo genético 7/8 seja o de melhor desempenho, pela metodologia “b” este grupo foi equivalente ao grupo genético Holandês, enquanto que pela metodologia “c” tal equivalência se deu com grupo genético 5/8. Portanto, houve diferença entre as duas metodologias quando da classificação dos grupos genéticos.

Observando-se os coeficientes de correlação de Spearman apresentados na Tabela 4, pode-se verificar que, de uma maneira geral, à medida que a intensidade de seleção é elevada os coeficientes de correlação de Spearman têm menor magnitude, sendo muito baixos e estatisticamente não diferentes de zero quando foram considerados apenas os dez melhores touros.

As correlações entre os valores genéticos preditos pela metodologia “a” e as outras duas metodologias foram sempre de menor magnitude do que aquelas entre as metodologias “b” e “c”. Tal fato, somado à redução da variabilidade genética evidenciada na Tabela 2, indica que a correção das produções de leite pela duração das lactações leva a desvios na predição dos valores genéticos dos animais.

As correlações entre os valores genéticos preditos pelas metodologias “b” e “c” foram quase sempre elevadas, apesar de se verificar uma redução à medida que a intensidade de seleção foi elevada. No entanto, quando foram selecionados apenas os dez melhores touros, observou-se grande alteração na classificação dos mesmos dependendo da metodologia adotada.

Concordando com os resultados de Madalena et al. (1992), Mello et al. (1994), Freitas et al. (1995) e Facó (2001), os resultados obtidos neste estudo indicam que a correção da produção de leite pela duração da lactação deve ser evitada sob pena de se estar removendo variabilidade genética e, conseqüentemente, levando a conclusões equivocadas na avaliação do potencial genético dos animais e do desempenho dos grupos genéticos.

TABELA 4 - Coeficientes de correlação de Spearman (acima das diagonais) entre os valores genéticos preditos pelas três metodologias estudadas e número de observações utilizadas (abaixo das diagonais), de acordo com o grupo de animais considerados.

Metodologia ¹	Metodologia ¹		
	a	b	c
	<u>todos os animais</u>		
a		0,70 ^{***}	0,63 ^{***}
b	9.495		0,89
c	10.315	9.495	
	<u>todos os touros</u>		
a		0,69 ^{***}	0,63 ^{***}
b	638		0,86 ^{***}
c	688	638	
	<u>10% dos animais superiores</u>		
a		0,51 ^{***}	0,52 ^{***}
b	1.020		0,73 ^{***}
c	1.031	1.020	
	<u>10 melhores touros</u>		
a		-0,09 ^{ns}	-0,16 ^{ns}
b	10		0,59 ^{ns}
c	10	10	

¹ a) ajustando as produções para a duração da lactação; b) eliminando as lactações inferiores a 120 dias de duração sem ajustar para a duração da lactação; c) todas as lactação e sem ajustar para a duração da lactação.

^{***} coeficiente de correlação estatisticamente diferente de zero ($P < 0,0001$); ^{ns} coeficiente de correlação estatisticamente não diferente de zero ($P > 0,05$).

Por outro lado, ao contrário do que foi observado por Madalena et al. (1992) e Mello et al. (1994), mas concordando com o observado por Mackinnon et al. (1996), a eliminação das lactações curtas não promoveu redução na variabilidade genética e sim contribuiu para uma redução substancial da variância residual. Logo, para as condições deste estudo, a eliminação das lactações curtas se mostrou decisão correta no sentido de melhorar a qualidade das avaliações dos grupos genéticos e dos animais.

2.4 Conclusões

O ajuste da produção de leite para a duração da lactação pode levar a conclusões equivocadas na comparação de grupos genéticos Holandês x Gir para a produção de leite e na classificação dos animais por mérito genético.

Nas condições deste estudo, a eliminação das lactações curtas mostrou-se decisão adequada para a melhoria da qualidade das avaliações genéticas.

2.5 Referências Bibliográficas

BOLDMAN, K.G. et al. **A manual for use of MTDFREML: a set of programs to obtain estimates of variance and covariance.** Lincoln: Agricultural Research Service, 1995. 120p. [DRAFT].

FACÓ, O. **Análise do desempenho produtivo de diversos grupo genéticos Holandês x Gir no Brasil.** 2001. 66 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

FREITAS, A.F.; WILCOX, C.J.; COSTA, C.N. Breed group effects on milk production of brazilian crossbred dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 8, p. 2306-2311, 1998.

FREITAS, A.F.; WILCOX, C.J.; ROMAN, R.M. Genetic parameters for milk yield and composition of crossbred dairy cattle in Brazil. **Revista Brasileira de Genética**, v. 18, n. 2, p. 229-235, 1995.

MADALENA, F.E.; LEMOS, A.M.; TEODORO, R.L. Consequences of removing the variation in lactation length on the evaluation of dairy cattle breeds and crosses. **Revista Brasileira de Genética**, v. 15, n. 3, p. 585-593, 1992.

MADALENA, F.E. et al. Causes terminating lactations records in Holstein-Friesian x Guzerá crosses. **Revista Brasileira de Genética**, v. 12, n. 1, p. 161-167, 1989.

MADALENA, F.E. et al. Produção de leite e intervalo entre partos de vacas HPB e mestiças HPB:Gir num alto nível de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 2, p. 195-200, 1983.

MACKINNON, M.J.; THORPE, W.; BAKER, R.L. Sources of genetic variation for milk production in a crossbred herd in the tropics. **Animal Science**, v. 62, p. 5-16, 1996.

MELLO, A.A. et al. Efeito da eliminação de lactações curtas e do ajuste pela duração da lactação na herdabilidade da produção de leite em um rebanho Gir. **Arquivo Latinoamericano de Produccion Animal**, v. 2, n. 2, p. 117-123, 1994.

SAS. 1999. **Statistical Analysis Systems User's Guide**. Stat. Cary: SAS Institute, 1999.

SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. **Statistical Methods**. 6.ed. Ames, Iowa State University Press, 1967. 593p.

3 ESTIMATIVAS DE EFEITOS GENÉTICOS ADITIVOS E NÃO ADITIVOS PARA CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E REPRODUTIVAS EM VACAS MISTIÇAS HOLANDÊS X GIR

RESUMO – A partir de registros de genealogia, controle leiteiro e reprodutivo, fornecidos pela Associação Brasileira dos Criadores de Girolando, foram estimados os efeitos de diferença genética aditiva entre as raças Holandesa e Gir, de dominância e de recombinação, além das herdabilidade e repetibilidade, para as características produção de leite por lactação (PL), produção de leite até os 305 dias de lactação (PL305), duração da lactação (DL), intervalo de partos (IDP), idade ao primeiro parto (IPP) e produção de leite por dia de intervalo de partos (PL/IDP). Foram utilizados 4.805 registros de PL, PL305 e DL, e 2.222, 1.408 e 2.363 registros de IDP, IPP e PL/IDP, respectivamente. Análises unicaracterística foram realizadas, sendo os efeitos de diferença genética aditiva entre as raças, de dominância e de recombinação considerados como covariáveis. As estimativas para a diferença genética aditiva entre as duas raças foram significativas ($P < 0,05$) para todas as características, exceto para o IDP, sendo estimadas em 3.115 ± 273 kg, 2.574 ± 226 kg, 98 ± 13 dias, -236 ± 67 dias e $7,5 \pm 0,9$ kg/dia para PL, PL305, DL, IPP e PL/IDP, respectivamente. Os efeitos de dominância (heterose) também foram significativos para todas as características, exceto para a DL. Foi verificada significativa perda por recombinação para PL e PL305. As estimativas de herdabilidade foram de $0,25 \pm 0,05$, $0,21 \pm 0,04$, $0,12 \pm 0,04$, $0,05 \pm 0,05$, $0,33 \pm 0,09$ e $0,21 \pm 0,07$ para PL, PL305, DL, IDP, IPP e PL/IDP, respectivamente.

Palavras-chave: cruzamentos, dominância, epistasia, herdabilidade, repetibilidade

Estimates of Additives and Non Additives Effects for Productive and Reproductive Traits in Holstein x Gir Crossbred Cows

ABSTRACT - From records of genealogy and control of dairy and reproductive traits, supplied by Brazilian Association of Girolando Breeders, the additive difference between Holstein and Gir breeds, the dominance and the epistatics effects, beyond heritabilities and repeatabilities, were estimated for milk yield (PL), 305 days milk yield (PL305), lactation length (DL), calving interval (IDP), age at first calving (IPP) and milk yield by day of calving interval (PL/IDP). 4,805 records of PL, PL305 and DL and 2,222, 1,408 and 2,363 observations of IDP, IPP and PL/IDP, respectively, were utilized. Single trait analyses were carried out using the effects of addictive genetic difference between breeds, dominance and recombination as covariates. The estimates for the addictive genetic difference between the

two breeds were significant ($P < 0.05$) for all the traits, except for IDP, being $3,115 \pm 273$ kg, $2,574 \pm 226$ kg, 98 ± 13 days, -236 ± 67 days and 7.5 ± 0.9 kg/day for PL, PL305, DL, IPP and PL/IDP, respectively. The dominance effects (heterotic) were also significant for all the traits, except for DL. Significant recombination loss was verified for PL and PL305. The heritabilities estimates were 0.25 ± 0.05 , 0.21 ± 0.04 , 0.12 ± 0.04 , 0.05 ± 0.05 , 0.33 ± 0.09 and 0.21 ± 0.07 for PL, PL305, DL, IDP, IPP and PL/IDP, respectively.

Keywords: crossbreeding, dominance, epistasis, heritability, repeatability

3.1 Introdução

O cruzamento em espécies animais exploradas economicamente tem como objetivos a produção de heterose ou vigor híbrido, a combinação dos méritos genéticos de diferentes raças em um único indivíduo e a rápida incorporação do material genético desejado (EUCLIDES FILHO, 1996).

A base genética dos efeitos dos cruzamentos pode ser dividida em dois componentes principais: aditivo e não aditivo (SWAN & KINGHORN, 1992). O componente aditivo é aquele devido ao mérito genético médio das raças envolvidas no cruzamento. Já o componente não aditivo é a heterose, definida como a diferença entre a média da característica avaliada (fenótipo) nos indivíduos oriundos do cruzamento, os mestiços, e a média desta mesma característica medida nos pais. Assim, a heterose representa um desvio da aditividade.

Segundo Falconer e Mackay (1996), a heterose é resultado do aumento da heterozigose nos indivíduos resultantes dos cruzamentos e devida a duas possíveis causas: interação genética intraloco (dominância) e entre locos (epistasia).

O conhecimento da natureza e da magnitude dos efeitos genéticos dos cruzamentos, ou seja, efeitos genéticos aditivo, dominância e epistasia, é fundamental para o delineamento de programas de cruzamentos e de melhoramento genético para bovinos leiteiros nos trópicos.

Os efeitos dos cruzamentos têm comumente sido são estimados utilizando o método dos quadrados mínimos (MARTINEZ et al., 1988; MADALENA et al., 1990; LEMOS et al., 1992; REGE et al., 1994; KAHN et al., 1995; FACÓ et al., 2002; FACÓ et al., 2005). No entanto, a utilização dos modelos mistos tem se tornado largamente aceita

(KOMENDER e HOESCHELE, 1989; MACKINNON et al., 1996; KAHI et al., 2000a; EL FADILI e LEROY, 2001; DEMEKE et al., 2004; WOLF et al. 2005).

Komender e Hoeschele (1989) mostraram que a acurácia da estimativa dos efeitos dos cruzamentos pode ser elevada pela inclusão da matriz de parentesco em um modelo animal. Além disso, os modelos mistos permitem a estimação simultânea tanto dos parâmetros de cruzamento quanto das herdabilidades e correlações genéticas (EL FADILI e LEROY, 2001).

Desconhecem-se registros no Brasil de estimação de efeitos de cruzamentos utilizando a metodologia dos modelos mistos sob modelo animal. Assim, os objetivos neste trabalho foram, a partir de dados de genealogia, controle leiteiro e reprodutivo, obtidos junto à Associação Brasileira de Criadores de Girolando, estimar os efeitos dos cruzamentos, isto é, efeitos genéticos aditivos e não aditivos, que afetam a expressão das características produção de leite por lactação (PL), produção de leite até os 305 dias de lactação (PL305), duração da lactação (DL), intervalo de partos (IDP), idade ao primeiro parto (IPP) e produção de leite por dia de intervalo de partos (PL/IDP), utilizando a metodologia dos modelos mistos sob modelo animal e, a partir dos resultados obtidos, contribuir para um maior conhecimento acerca das potencialidades dos diversos sistemas de cruzamentos para produção de leite sob condição tropical.

3.2 Material e Métodos

Dados de produção total de leite por lactação (PL), produção de leite até os 305 dias de lactação (PL305), duração da lactação (DL) e registros de partos foram obtidos junto à Associação Brasileira dos Criadores de Girolando.

A partir dos registros de partos e de data de nascimento foram calculados os intervalos de partos (IDP) e as idades ao primeiro parto (IPP). Já a produção de leite por dia de intervalo de partos (PL/IDP) foi calculada dividindo-se as produções totais de leite por lactação pelo número de dias do intervalo de partos correspondente.

As análises descritivas dos dados foram realizadas por meio dos procedimentos estatísticos contidos no Statistical Analysis System - SAS (1999), verificando restrições, limitações e a consistência das informações.

Foram utilizados apenas os registros de vacas com informações sobre o grupo genético do pai e da mãe. Com esta restrição, o número de observações, que inicialmente era de 17.164, caiu para 7.059 registros.

Baseado nos resultados obtidos no estudo anterior, em que a eliminação das lactações curtas não reduziu a variabilidade genética, foram excluídas as lactações com duração inferior a 120 dias, reduzindo o número de observações para 6.065.

Foram definidos como grupo de contemporâneas as vacas com lactações iniciadas no mesmo ano de parto (1993 a 2003), estação de parto (1-janeiro a março, 2-abril a junho, 3-julho a setembro e 4-outubro a dezembro) e rebanho (48). Utilizou-se uma matriz de parentesco completa contendo um total de 6.276 animais, sendo 581 touros.

Por fim, foram eliminadas aquelas lactações provenientes de grupos contemporâneos com menos de cinco observações, restando para análise um total 4.805 registros das características produção de leite por lactação (PL), produção de leite até os 305 dias de lactação (PL305) e duração da lactação (DL), e 2.222, 1.408 e 2.363 registros de intervalo de partos (IDP), idade ao primeiro parto (IPP) e produção de leite por dia de intervalo de partos (PL/IDP), respectivamente.

Para cada uma das características estudadas, estimativas dos componentes de (co)variância, de parâmetros genéticos e de efeitos genéticos aditivos e não aditivos foram obtidas através do método da máxima verossimilhança restrita (REML), sob um modelo animal unicaracterística, utilizando o sistema computacional MTDFREML (BOLDMAN et al., 1995).

Modelos animais de repetibilidade foram utilizados para as características PL, PL305, DL, IDP e PL/IDP (modelo 1), em que os efeitos genéticos aditivos diretos e os efeitos de ambiente permanente devido aos registros repetidos por vaca foram considerados como aleatórios. Para a IPP foi utilizado um modelo animal simples (modelo 2). Matricialmente, os modelos são descritos da seguinte forma:

$$y = X\beta + b_1iv + b_2iv^2 + b_3g + b_4d + b_5r + Za + Wc + e \quad (\text{modelo 1})$$

$$y = X\beta + b_3g + b_4d + b_5r + Za + e \quad (\text{modelo 2})$$

Em que y é o vetor de observações para as características estudadas (PL, PL305, DL, IDP, IPP ou PL/IDP); β é o vetor dos efeitos fixos dos grupos de contemporâneas; iv é a idade da vaca ao parto; g é a proporção esperada de genes da raça Holandesa; d é a heterozigosidade esperada na vaca, calculada, conforme definição de Dickerson (1973), como $p_p(1-p_m) + p_m(1-p_p)$; r é a recombinação média esperada de pares de locos originados das raças

Holandesa e Gir, calculada como $p_p(1-p_p) + p_m(1-p_m)$, em que p_p e p_m são a proporção de genes da raça holandesa no pai e na mãe da vaca, respectivamente; a é o vetor de efeitos aleatórios genéticos diretos de animal; c é o vetor de efeitos aleatórios de ambiente permanente, adicionados dos efeitos genéticos não aditivos não contabilizados; e é o vetor de efeitos residuais aleatórios; X , Z e W são matrizes de incidência relacionando os registros aos efeitos fixos, aleatório de animal e aleatórios de ambiente permanente, respectivamente; b_1 a b_5 são coeficientes de regressão.

Na Tabela 5 é apresentada a distribuição de freqüências e valores de a , h e r para as observações de produção de leite, de acordo com os grupos genéticos das vacas, dos pais das vacas e das mães das vacas.

TABELA 5 – Distribuição de freqüências e valores de proporção esperada de genes da raça holandesa (a), heterozigosidade esperada (h) e recombinação média esperada de pares de locos originados das raças Holandês e Gir (r) para as observações de produção de leite, de acordo com os grupos genéticos das vacas, dos pais das vacas e das mães das vacas.

Grupo Genético	Grupo Genético do Pai	Grupo Genético da Mãe	a	h	r	Freqüência	Freqüência Acumulada
Gir	Gir	Gir	0,000000	0,000000	0,000000	18	18
1/4	Gir	1/2	0,250000	0,500000	0,250000	129	147
3/8	3/4	Gir	0,375000	0,750000	0,187500	2	149
3/8	Gir	3/4	0,375000	0,750000	0,187500	33	182
7/16	5/8	1/4	0,437500	0,562500	0,421875	3	185
1/2	3/4	1/4	0,500000	0,625000	0,375000	5	190
1/2	Gir	Holandês	0,500000	1,000000	0,000000	169	359
1/2	Holandês	Gir	0,500000	1,000000	0,000000	772	1131
9/16	1/2	5/8	0,562500	0,500000	0,484375	3	1134
9/16	5/8	1/2	0,562500	0,500000	0,484375	31	1165
5/8	1/2	3/4	0,625000	0,500000	0,437500	1	1166
5/8	3/4	1/2	0,625000	0,500000	0,437500	272	1438
5/8	5/8	5/8	0,625000	0,468750	0,468750	158	1596
5/8	Holandês	1/4	0,625000	0,750000	0,187500	781	2377
11/16	3/4	5/8	0,687500	0,437500	0,421875	38	2415
11/16	5/8	3/4	0,687500	0,437500	0,421875	83	2498
11/16	Holandês	3/8	0,687500	0,625000	0,234375	4	2502
3/4	3/4	3/4	0,750000	0,375000	0,375000	256	2758
3/4	5/8	7/8	0,750000	0,406250	0,343750	9	2767
3/4	Holandês	1/2	0,750000	0,500000	0,250000	1308	4075
13/16	3/4	7/8	0,812500	0,312500	0,296875	4	4079
13/16	5/8	Holandês	0,812500	0,375000	0,234375	2	4081
13/16	Holandês	5/8	0,812500	0,375000	0,234375	105	4186
7/8	3/4	Holandês	0,875000	0,250000	0,187500	3	4189
7/8	Holandês	3/4	0,875000	0,250000	0,187500	611	4800
Holandês	Holandês	Holandês	1,000000	0,000000	0,000000	5	4805

Os efeitos aleatórios residual, genético aditivo direto e de ambiente permanente foram considerados como tendo distribuição normal, com média zero e variâncias σ_e^2 , σ_a^2 e σ_c^2 , respectivamente. As esperanças das variâncias foram: $\text{var}(y) = \sigma_a^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2$, para o modelo 1 e $\text{var}(y) = \sigma_a^2 + \sigma_e^2$, para o modelo 2, em que $\text{var}(a) = A\sigma_a^2$, $\text{var}(c) = I\sigma_c^2$, e $\text{var}(e) = I\sigma_e^2$. A partir destas distribuições, a variância fenotípica (V_p), a herdabilidade (h^2) e a repetibilidade (r^2) foram calculadas como $V_p = V_a + V_c + V_e$, $h^2 = V_a / V_p$ e $r^2 = (V_a + V_c) / V_p$, respectivamente.

3.3 Resultados e Discussão

As estimativas para os efeitos genéticos aditivos, de dominância e de recombinação, herdabilidade e repetibilidade, com seus respectivos erros padrão, estão resumidas nas Tabelas 6, 7 e 8, para as características produtivas, reprodutivas e produção de leite por dia de intervalo de partos, respectivamente. As estimativas com valor do teste t menor ou igual a $-1,96$ ou maior ou igual a $1,96$ são significativamente diferentes de zero em nível de 5%.

As estimativas do efeito de diferença genética aditiva entre as raças Gir e Holandês (a) foram significativas e elevadas para todas as características estudadas, exceto para o intervalo de partos. Estes resultados evidenciam um efeito favorável dos genes da raça Holandesa no sentido da elevação da produção de leite e da duração da lactação e redução da idade ao primeiro parto.

O efeito favorável da contribuição dos genes de raças especializadas para a elevação da produção de leite e duração da lactação está bem documentado na literatura (ROBISON et al., 1981; MARTINEZ et al., 1988; MADALENA et al., 1990; MACKINNON et al., 1996; KAHN et al., 2000a; FACÓ et al., 2002; DEMEKE et al., 2004; WOLF et al. 2005).

Lemos et al. (1992) observaram efeito significativo da diferença genética aditiva entre as raças holandesa e Gir sobre a IPP apenas quando o nível de manejo foi elevado. Já Facó et al. (2005) não encontraram tal significância. É importante mencionar que tanto Lemos et al. (1992) quanto Facó et al. (2005) utilizaram o método dos quadrados mínimos e um modelo com interações epistáticas do tipo aditivo x aditivo.

TABELA 6 – Estimativas dos efeitos genéticos aditivos, de dominância e de recombinação, herdabilidade e repetibilidade para as características produtivas em animais mestiços Holandês x Gir.

Efeito ou Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	t
Produção de Leite na Lactação (kg)			
Aditivo (a)	3.115,24	273,32	11,40 ^{***}
Dominância (d)	817,27	195,88	4,17 ^{***}
Recombinação (r)	-735,46	335,34	-2,19 [*]
Herdabilidade (h^2)	0,25	0,05	
Repetibilidade (r^2)	0,49	0,05	
Proporção d/a	26,2%		
Produção de Leite em 305 dias (kg)			
Aditivo (a)	2.574,78	226,25	11,38 ^{***}
Dominância (d)	829,79	162,55	5,10 ^{**}
Recombinação (r)	-548,48	276,35	-1,98 [*]
Herdabilidade (h^2)	0,21	0,04	
Repetibilidade (r^2)	0,47	0,04	
Proporção d/a	32,2%		
Duração da Lactação (dia)			
Aditivo (a)	98,30	12,92	7,61 ^{***}
Dominância (d)	11,00	9,31	1,18 ^{ns}
Recombinação (r)	-27,66	15,28	-1,81 ^{ns}
Herdabilidade (h^2)	0,12	0,04	
Repetibilidade (r^2)	0,18	0,04	
Proporção d/a	11,2%		

***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; ns não significativo.

Ao contrário deste estudo, Martinez et al. (1988) observaram efeito genético aditivo da raça Holandesa significativo e favorável no sentido de redução do IDP. Por outro lado, a exemplo do observado no presente estudo, Madalena et al. (1990) e Kahi et al. (2000a) não observaram tal significância sobre o IDP.

TABELA 7 – Estimativas dos efeitos genéticos aditivos, de dominância e de recombinação, herdabilidade e repetibilidade para as características reprodutivas em animais mestiços Holandês x Gir.

Efeito ou Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	t
Intervalo de Partos (dia)			
Aditivo (a)	-44,87	28,32	-1,58 ^{ns}
Dominância (d)	-59,67	20,74	-2,88 ^{**}
Recombinação (r)	-30,55	32,33	-0,94 ^{ns}
Herdabilidade (h^2)	0,05	0,05	
Repetibilidade (r^2)	0,09	0,06	
Proporção d/a	133,0%		
Idade ao Primeiro Parto (dia)			
Aditivo (a)	-235,66	67,17	-3,51 ^{***}
Dominância (d)	-189,33	47,24	-4,01 ^{***}
Recombinação (r)	-79,43	65,39	-1,21 ^{ns}
Herdabilidade (h^2)	0,33	0,09	
Proporção d/a	80,3%		

***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; ^{ns} não significativo.

A não significância do efeito genético aditivo para os intervalos de partos indica que as raças Gir e Holandês apresentaram desempenho semelhante para essa característica. Como o efeito em relação à produção de leite foi elevado e positivo, isto se refletiu sobre a produção de leite por dia de intervalo de partos (PL/IDP), em que o efeito genético aditivo foi elevado e significativo, sendo a contribuição dos genes da raça Holandesa importantes para uma maior PL/IDP.

As estimativas do efeito de dominância foram elevadas e significativas para todas as características estudadas, exceto para a duração da lactação. Para as características produção de leite por lactação e produção de leite em 305 dias de lactação o efeito de dominância foi positivo, evidenciando a importância da heterose para produção de leite nas condições tropicais. A heterozigose, conseqüentemente a heterose, também foi importante no sentido de reduzir os intervalos de partos e as idades ao primeiro parto.

Estes resultados estão de acordo com aqueles encontrados por Robison et al. (1981), Martinez et al. (1988), Lemos et al. (1992), Kahi et al. (2000a), Facó et al. (2002), Wolf et al. (2005) e Facó et al. (2005), em que a heterose se mostrou importante para um

melhor desempenho quanto às características relacionadas à produção de leite, à fertilidade e à precocidade sexual. Os resultados obtidos por Madalena et al. (1990) foram semelhantes, exceto pela não significância do efeito de dominância para o IDP. Rege et al. (1994), Mackinnon et al., (1996) e Demeke et al. (2004) observaram efeito de dominância significativo para a duração da lactação. Rege et al. (1994) também não observaram efeito significativo de dominância para os intervalos de partos e idades ao primeiro parto.

TABELA 8 – Estimativas dos efeitos genéticos aditivos, de dominância e de recombinação, herdabilidade e repetibilidade para a característica produção de leite por dias de intervalo de parto em animais mestiços Holandês x Gir.

Efeito ou Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	t
Aditivo (a)	7,46	0,90	8,33 ^{***}
Dominância (d)	2,92	0,64	4,58 ^{***}
Recombinação (r)	-0,14	1,03	-0,14 ^{ns}
Herdabilidade (h^2)	0,21	0,07	
Repetibilidade (r^2)	0,37	0,07	
Proporção d/a	39,2%		

^{***}P<0,001; ^{**}P<0,01; ^{*}P<0,05; ^{ns} não significativo.

As estimativas do efeito de recombinação foram significativas e negativas para as características produção de leite por lactação e produção de leite em 305 dias de lactação. Isto indica que a recombinação gênica observada em alguns tipos de acasalamento produziu efeitos depressores sobre a produção de leite. Os valores negativos para os efeitos de recombinação estão de acordo com a teoria de que uma quebra de interações epistáticas favoráveis pode ocorrer pelo processo de recombinação durante a meiose quando as raças envolvidas no cruzamento são selecionadas em direções diferentes por muito tempo (DICKERSON, 1973). Para as demais características (DL, IDP, IPP e PL/IDP) as estimativas para o efeito de recombinação não foram significativas. Vale ressaltar que a perda por recombinação observada para a produção de leite não se refletiu na produção de leite por dia de intervalo de partos.

Outros autores observaram efeitos significativos para as interações epistáticas como: Lemos et al. (1992) e Facó et al. (2005) para a idade ao primeiro parto, Mackinnon et al. (1996), Kahi et al. (2000a), Facó et al. (2002), Demeke et al. (2004) e Wolf et al. (2005)

para produção de leite, sendo que todos observaram efeitos de redução de desempenho devido à perda por recombinação.

As estimativas de herdabilidade variaram na magnitude, sendo mais elevada para a idade ao primeiro parto (IPP), moderadas para as produções de leite total (PL), em 305 dias (PL305) e por dia de intervalo de partos (PL/IDP), baixa para a duração da lactação (DL) e próxima de zero para o intervalo de partos (IDP).

Estimativas de herdabilidade inferiores para produção de leite por lactação foram obtidas por Freitas et al. (1995) e Mackinnon et al. (1996), enquanto Demeke et al. (2004) encontraram estimativas semelhantes, tanto para a produção de leite quanto para a duração da lactação. Costa et al. (2004) obtiveram estimativas de herdabilidade para a produção de leite semelhantes no grupo genético Gir puro, mas bastante inferiores no grupo de mestiças.

Lôbo et al. (2000), em sua revisão sobre estimativas de parâmetros genéticos para bovinos de corte e leite publicadas nas regiões tropicais, relataram herdabilidades médias de $0,35 \pm 0,16$, $0,32 \pm 0,17$, $0,27 \pm 0,12$, $0,14 \pm 0,11$, $0,33 \pm 0,15$ e $0,25 \pm 0,14$ para as características PL, PL305, DL, IDP, IPP e PL/IDP, respectivamente. Logo, é possível constatar que as estimativas de herdabilidade observadas no estudo estão dentro da faixa de estimativas normalmente encontradas na literatura. Além disso, verificando as distribuições de frequência das estimativas citadas por Lôbo et al. (2000), percebe-se que as estimativas de herdabilidade obtidas neste estudo estão sempre dentro das classes de maior frequência.

De uma maneira geral, as herdabilidades de magnitude moderada a alta, estimadas para as características relacionadas à produção de leite e para a idade ao primeiro parto, indicam a existência de variação genética aditiva suficiente para permitir ganhos genéticos por meio da seleção. Por outro lado, a baixa herdabilidade observada para o intervalo de partos, associada ao importante efeito favorável de heterose (Tabela 7), indicam que a estratégia mais adequada para um melhor desempenho quanto ao IDP é a utilização de cruzamentos, de modo a manter elevado o nível de heterozigose.

As estimativas de repetibilidade para as características relacionadas à produção de leite foram elevadas quando comparadas às aquelas obtidas por Freitas et al. (1995), Mackinnon et al. (1996) e Demeke et al. (2004). Talvez este fato indique um inflacionamento do efeito de ambiente permanente por efeitos genéticos não aditivos não incluídos no modelo de análise.

Destaca-se que a relação entre os efeitos de dominância e os efeitos de diferença genética aditiva entre as raças holandesa e Gir foi elevada para a idade ao primeiro parto (80%) e intervalo de partos (133%), moderada para a produção de leite por lactação (26%), produção de leite em 305 dias de lactação (32%) e produção de leite por dia de intervalo de

partos (39%) e baixa para a duração da lactação (11%). Estes resultados estão de acordo com a teoria genética em que, segundo Falconer e Mackay (1996), a heterose é observada principalmente em características relacionadas à capacidade reprodutiva e à adaptação.

3.4 Conclusões

Os efeitos genéticos aditivos da raça holandesa mostram-se importantes para maior produção de leite e duração da lactação e redução da idade ao primeiro parto, sendo tais efeitos complementados pela heterose resultante do cruzamento com a raça Gir.

A redução da produção de leite em função das perdas por recombinação torna mais complexo o processo de formação de uma raça sintética a partir do cruzamento entre as raças Gir e Holandesa, sendo necessário um rigoroso e bem conduzido processo de seleção para neutralizar estes efeitos indesejáveis.

3.5 Referências Bibliográficas

BOLDMAN, K.G. et al. **A manual for use of MTDFREML: a set of programs to obtain estimates of variance and covariance.** Lincoln: Agricultural Research Service, 1995. 120p. [DRAFT].

COSTA, C.N. et al. Heterogeneidade de (Co)variância para as Produções de Leite e de Gordura entre Vacas Puras e Mestiças da Raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 555-563, 2004.

DEMEKE, S.; NESER, F.W.C.; SCHOEMAN, S.J. Estimates of genetics parameters for Boran, Friesian, and crosses of Friesian and Jersey with the Boran cattle in the tropical highlands of Ethiopia: milk production traits and cow weight. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 121, p. 163-175, 2004.

DICKERSON, G.E. Inbreeding and heterosis in animals. In: Proceedings of Animal Breeding and Genetics Symposium in Honor of Dr. Jay L. Lush. **American Society of Animal Science**, p. 54, 1973.

EUCLIDES FILHO, K. **O melhoramento genético e os cruzamentos em bovino de corte.** Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1996. 35 p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 63).

EL FADILI, M.; LEROY, P.L. Estimation of additive and non-additive genetic parameters for reproduction, growth and survival traits in crosses between the Moroccan D´man and Timahdite sheep breeds. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 118, p. 341-353, 2001.

FACÓ, O. et al. Idade ao Primeiro Parto e Intervalo de Partos de Cinco Grupos Genéticos Holandês x Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 1920-1926, 2005.

FACÓ, O. et al. Análise do desempenho produtivo de diversos grupos genéticos Holandês x Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 1944-1952, 2002.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to Quantitative Genetics.** Harlow: Longman Group Limited, 1996. 464p.

FREITAS, A.F.; WILCOX, C.J.; ROMAN, R.M. Genetic parameters for milk yield and composition of crossbred dairy cattle in Brazil. **Revista Brasileira de Genética**, v. 18, n. 2, p. 229-235, 1995.

KAHI, A. K. et al. Crossbreeding for dairy production in the lowland tropics of Kenya. I. Estimation of individual crossbreeding effects on milk production and reproductive traits and on cow live weighth. **Livestock Production Science**, v. 63, p. 39-54, 2000a.

KAHI, A.K. et al. Estimation of individual and maternal additive genetic and heterotic effects for preweaning traits of crosses of Ayrshire, Brown Swiss and Sahival cattle in the lowland tropics of Kenia. **Livestock Production Science**, v. 44, p. 139-146, 1995.

KOMENDER, P.; HOESCHELE, I. Use of Mixed-Model Methodology to Improve Estimation of Crossbreeding Parameters. **Livestock Production Science**, v. 21, n. 2, p. 101-113, 1989.

LEMONS, A.M. et al. Comparative Performance of six Holstein-Friesian x Guzera grades in Brazil. 5. Age at first calving. **Revista Brasileira de Genética**, v. 15, n. 1, p. 73-83, 1992.

LÔBO, R.N.B.; MADALENA, F.E.; VIEIRA, A.R. Average estimates of genetic parameters for beef and dairy cattle in tropical regions. **Animal Breeding Abstracts**, v. 68, n. 6, p. 433-462, 2000.

MADALENA, F.E. et al. Dairy production and reproduction in Holstein-Friesian and Guzera crosses. **Journal of Dairy Science**, v. 73, p. 1872-1886, 1990.

MACKINNON, M.J.; THORPE, W.; BAKER, R.L. Sources of genetic variation for milk production in a crossbred herd in the tropics. **Animal Science**, v. 62, p. 5-16, 1996.

MARTINEZ, M.L.; LEE, A.J.; LIN, C.Y. Age and Zebu-Holstein additive and heterotic effects on lactation performance and reproduction in Brazil. **Journal of Dairy Science**, v. 71, n. 3, p. 800-808, 1988.

REGE, J.E.O. et al.. Crossbreeding Jersey with Ghana Shorthorn and Sokoto Gudali cattle in a tropical environment: additive and heterotic effects for milk production, reproduction and calf growth traits. **Animal Production**, v. 59, p. 21-29, 1994.

ROBISON, O.W.; McDANIEL, B.T.; RINCON, E.J. Estimation of direct and maternal additive and heterotic effects from crossbreeding experiments in animals. **Journal of Animal Science**, v. 52, n. 1, p. 44-50, 1981.

SAS. 1999. **Statistical Analysis Systems User's Guide**. Stat. Cary: SAS Institute, 1999.

SWAN, A. A.; KINGHORN, B. P. Symposium: Dairy Crossbreeding: Evaluation and exploitation of crossbreeding in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 75, p. 624-639, 1992.

WOLF, J.; ZAVADILOVÁ, L.; NEMCOVÁ, E. Non-additive effects on milk production in Czech dairy cows. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 122, p. 332-339, 2005.

4 HETEROGENEIDADE DE (CO)VARIÂNCIA PARA A PRODUÇÃO DE LEITE NOS GRUPOS GENÉTICOS FORMADORES DA RAÇA GIROLANDO

RESUMO – A partir de dados de genealogia e de produção de leite obtidos junto à Associação Brasileira de Criadores de Girolando foram investigadas a presença da heterogeneidade de variâncias para a produção de leite em vacas mestiças Holandês x Gir e suas conseqüências sobre a avaliação genética dos animais. Estimativas dos componentes de (co)variância foram obtidas pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML) sob modelo animal, utilizando modelo unicaráter e tricaráter, sendo neste último as produções de leite dos animais dos grupos genéticos 1/2, 5/8 e 3/4 consideradas como características diferentes. A estimativa de herdabilidade para produção de leite obtida pelo modelo unicaráter foi de 0,31, enquanto pelo modelo tricaráter estas estimativas foram de 0,19, 0,26 e 0,37 para as produções de leite nos grupos genéticos 1/2, 5/8 e 3/4, respectivamente. As classificações dos animais em função dos valores genéticos preditos foram diferentes quando foram utilizados os modelos uni ou tricaráter. Os resultados evidenciaram a existência de variâncias heterogêneas para a produção de leite entre os grupos genéticos formadores da Raça Girolando.

Palavras-chave: avaliação genética, correlação de Spearman, cruzamentos, herdabilidade, seleção

Heterogeneity of (Co)variance for Milk Yield Between Base Genetic Groups of Girolando Breed

ABSTRACT – From records of genealogy and lactation milk yield, supplied by Brazilian Association of Girolando Breeders, the presence of heterogeneous variances for milk yield in Holstein x Gir crossbred cows and their consequences on animals genetic evaluations were investigated. Estimates of the components of (co)variance were obtained through the method of restricted maximum likelihood (REML) under animal model, using one-trait and three-traits models, where in the last one the yields of milk from animals of the genetic groups 1/2, 5/8 and 3/4 were considered as different traits. The heritability estimate for milk yield obtained by the one-trait model was of 0.31, while for the three-traits model they were 0.19, 0.26 and 0.37 for the milk yields in the genetic groups 1/2, 5/8 and 3/4, respectively. The

ranking of the animals in function of the predicted breeding values were different when were used the one-trait or three-traits models. The results shown the existence of heterogeneous variances for the lactation milk yield among the base genetic groups of Girolando Breed.

Keywords: crossbreeding, genetic evaluations, heritability, selection, Spearman's correlations

4.1 Introdução

A avaliação genética constitui-se em um procedimento essencial para a obtenção de informações que orientem os produtores na identificação e no acasalamento dos animais de melhor mérito genético para a geração de progresso genético nos programas de seleção. As avaliações genéticas para as características sob seleção necessitam dos respectivos componentes de (co)variância, cujos valores determinam as estimativas de herdabilidade e das correlações genéticas entre as características, e a precisão das predições dos valores genéticos e do progresso genético esperado na população sob seleção (COSTA et al., 2004).

Os modelos BLUP multirraciais utilizados para a predição dos valores genéticos a partir de dados de animais mestiços, geralmente assumem homogeneidade de variâncias entre os grupos genéticos (CREWS e FRANKE, 1998). No entanto, os processos de formação de populações sintéticas utilizam tanto a seleção quanto o cruzamento como ferramentas, sendo provável que as diferentes gerações caracterizadas pelos diversos grupos genéticos apresentem heterogeneidade de variância (OLIVEIRA et al., 2001).

Diversos autores (RODRIGUEZ-ALMEIDA et al., 1995; CREWS e FRANKE, 1998; OLIVEIRA et al., 2001; COSTA et al., 2004) têm relatado a existência de heterogeneidade de variância entre grupos genéticos.

Para Vinson (1987), a heterogeneidade de variâncias deve ser considerada no processo de avaliação genética. No mesmo sentido, Van Vleck (1994) alertou que ignorar a potencial heterogeneidade de variâncias entre grupos genéticos pode reduzir a acurácia dos valores genéticos preditos. Nunez-Dominguez et al. (1995) e Crews & Franke (1998) encontraram alterações de posicionamento quando compararam classificações fornecidas por modelos que consideravam ou não a existência de variâncias heterogêneas. Logo, a utilização de modelos multicaráter poderia ser uma metodologia mais adequada para a avaliação genética de diferentes grupos genéticos.

Para Swan & Kinghorn (1992), a utilização de um modelo de avaliação genética que considere o valor de um animal em cada grupo genético como características diferentes

em um modelo multicaráter, além de considerar a possível heterogeneidade de variância entre grupos genéticos, tem a vantagem de produzir uma série de provas, uma para cada grupo genético com o qual o indivíduo poderia ser acasalado, e baseado nestas, onde o valor genético de um indivíduo pode variar com o grupo genético com o qual será acasalado, os acasalamentos mais favoráveis poderiam ser selecionados.

Neste estudo, o objetivo foi, a partir de dados de genealogia e de produção de leite obtidos junto à Associação Brasileira de Criadores de Girolando, investigar a presença da heterogeneidade de variâncias para a produção de leite em vacas mestiças Holandês x Gir e suas conseqüências sobre a avaliação genética dos animais.

4.2 Material e Métodos

Dados de genealogia e produção total de leite por lactação (PL) foram obtidos junto à Associação Brasileira dos Criadores de Girolando.

As análises descritivas dos dados foram realizadas por meio dos procedimentos estatísticos contidos no Statistical Analysis System - SAS (1999), verificando restrições, limitações e a consistência das informações.

Foram utilizados apenas os registros de vacas com informações sobre o grupo genético do pai e da mãe. Com esta restrição, o número de observações, que inicialmente era de 17.164, caiu para 7.059 registros.

Baseado nos resultados obtidos no primeiro estudo desta tese, em que a eliminação das lactações curtas não reduziu a variabilidade genética, foram excluídas as lactações com duração inferior a 120 dias, reduzindo o número de observações para 6.065.

Foram utilizadas nas análises apenas as lactações de vacas pertencentes aos grupos genéticos 1/2, 5/8 e 3/4, num total de 4.979. As produções de leite das vacas desses grupos genéticos foram definidas como características diferentes, gerando assim as características PL12, PL58 e PL34, que corresponderam às produções de leite nos grupos genéticos 1/2, 5/8 e 3/4, respectivamente.

Por fim, foram eliminadas aquelas lactações provenientes de grupos contemporâneas com menos de três observações, restando para análise um total 3.614, 848, 1.311 e 1.455 registros de produção de leite por lactação (PL), produção de leite por lactação no grupo genético 1/2 (PL12), produção de leite por lactação no grupo genético 5/8 (PL58) e produção de leite por lactação no grupo genético 3/4 (PL34), respectivamente.

Na tabela 9 é apresentada a distribuição de frequências para as observações de produção de leite, de acordo com os grupos genéticos das vacas e das mães das vacas.

TABELA 9 – Distribuição de frequências para as observações de produção de leite, de acordo com os grupos genéticos das vacas e das mães das vacas.

Grupo Genético da Vaca	Grupo Genético da Mãe da Vaca	Frequência	Frequência Acumulada
1/2	Gir	696	696
1/2	Holandês	152	848
5/8	1/2	284	1132
5/8	1/4	756	1888
5/8	3/4	70	1958
5/8	5/8	201	2159
3/4	1/2	1199	3358
3/4	3/4	233	3591
3/4	5/8	23	3614

Os componentes de variância para a característica PL foram estimados em análise unicaráter. Com o objetivo de identificar a existência ou não de variâncias heterogêneas entre os três principais grupos genéticos formadores da Raça Girolando, os componentes de variância em cada um destes grupos foram estimados, utilizando-se como estratégia considerar como características diferentes as produções de leite dos grupos genéticos 1/2, 5/8 e 3/4 via modelo animal tricaráter.

O modelo geral considerado nas análises unicaráter é dado a seguir:

$$Y_{ijkl} = m + GG_i + GGM_j + GC_k + b_1iv + b_2iv^2 + a_{ijkl} + c_{ijkl} + e_{ijkl}$$

Em que: Y_{ijkl} = observações referentes à produção de leite por lactação; m = constante associada a toda observação; GG_i = efeito do $i^{\text{ésimo}}$ grupo genético; GGM_j = efeito do $j^{\text{ésimo}}$ grupo genético da mãe; GC_k = efeito do $k^{\text{ésimo}}$ grupo de contemporâneas; iv = idade da vaca ao parto; b_1 e b_2 são coeficientes de regressão; a_{ijkl} = efeito aleatório associado aos efeitos genéticos aditivos; c_{ijkl} = efeito aleatório de ambiente permanente, incluindo os efeitos genéticos não aditivos não contemplados no modelo; e_{ijkl} = efeito residual aleatório.

Matricialmente, o modelo a ser utilizado na análise tricaráter pode ser representado da seguinte forma:

$$\begin{bmatrix} y_{12} \\ y_{58} \\ y_{34} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{12} & 0 & 0 \\ 0 & X_{58} & 0 \\ 0 & 0 & X_{34} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_{12} \\ \beta_{58} \\ \beta_{34} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{12} & 0 & 0 \\ 0 & Z_{58} & 0 \\ 0 & 0 & Z_{34} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{12} \\ a_{58} \\ a_{34} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} W_{12} & 0 & 0 \\ 0 & W_{58} & 0 \\ 0 & 0 & W_{34} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_{12} \\ p_{58} \\ p_{34} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{12} \\ e_{58} \\ e_{34} \end{bmatrix}$$

Em que: y_{12} , y_{58} e y_{34} são os vetores de observações referentes aos animais dos grupos genéticos 1/2, 5/8 e 3/4, respectivamente; X_{12} , X_{58} e X_{34} , são as matrizes de incidência dos efeitos fixos referentes aos animais dos grupos genéticos 1/2, 5/8 e 3/4, respectivamente; β_{12} , β_{58} e β_{34} , são os vetores dos efeitos fixos referentes aos animais dos grupos genéticos 1/2, 5/8 e 3/4, respectivamente; Z_{12} , Z_{58} e Z_{34} , são as matrizes de incidência dos efeitos genéticos aditivos aleatórios referentes aos animais dos grupos genéticos 1/2, 5/8 e 3/4, respectivamente; a_{12} , a_{58} e a_{34} , são os vetores dos efeitos genéticos aditivos referentes aos animais dos grupos genéticos 1/2, 5/8 e 3/4, respectivamente; W_{12} , W_{58} e W_{34} , são as matrizes de incidência dos efeitos aleatórios de ambiente permanente, incluindo os efeitos genéticos não aditivos não contabilizados pelo modelo referentes aos animais dos grupos genéticos 1/2, 5/8 e 3/4, respectivamente; p_{12} , p_{58} e p_{34} , são os vetores dos efeitos aleatório de ambiente permanente, incluindo os efeitos genéticos não aditivos não contabilizados pelo modelo, referentes aos animais dos grupos genéticos 1/2, 5/8 e 3/4, respectivamente; e_{12} , e_{58} e e_{34} , são os vetores dos erros aleatórios referentes aos animais dos grupos genéticos 1/2, 5/8 e 3/4, respectivamente.

No modelo tricaráter foram considerados os mesmos efeitos contidos no modelo unicaráter, exceto o efeito de grupo genético. Já nas análises unicaráter, as matrizes não foram diferenciadas para os diversos grupos genéticos.

Para estimação dos componentes de (co)variância utilizou-se o sistema computacional Multiple Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood (MTDFREML), desenvolvido por Boldman et al. (1995). As covariâncias de ambiente permanente e residuais entre os grupos genéticos foram consideradas nulas, seguindo recomendação de Boldman et al. (1995).

Foi aplicado o teste de razão de verossimilhança (MOOD et al., 1974), nos modelos unicaráter e tricaráter, para identificar o modelo mais apropriado, sendo a diferença obtida entre os logaritmos dos valores da função de verossimilhança ($-2\log L$), à convergência, dos modelos com maior e menor número de parâmetros estimados, testada contra os valores obtidos na distribuição qui-quadrado com $P < 0,05$ e graus de liberdade dados pela diferença do

número de parâmetros estimados pelos modelos em questão. Os valores de $-2\log L$ foram obtidos dos resultados do programa MTDFRUN, parte do sistema MTDFREML.

Os animais foram classificados de acordo com os valores genéticos, obtidos através da metodologia “Best Linear Unbiased Prediction” (BLUP), proposta por Henderson (1975), utilizando-se os modelos unicaráter e tricaráter. Sobre estas classificações, foi aplicado o teste de correlação de Spearman, conforme Sampaio (2002), para verificar se houve alteração dos postos entre as classificações fornecidas pelos modelos unicaráter e tricaráter.

4.3 Resultados e Discussão

As estatísticas descritivas para as características estudadas são apresentadas na Tabela 10. Pode-se perceber que a média aritmética da produção de leite por lactação foi inferior nos animais do grupo genético 5/8 do que nos demais grupos, enquanto a variabilidade foi maior no grupo 3/4.

TABELA 10 – Número de observações, médias, desvios padrão para as características produção de leite por lactação geral (PL) e produção de leite por lactação nos grupos genéticos 1/2 (PL12), 5/8 (PL58) e 3/4 (PL34).

Característica	Número de Observações	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
PL	3.614	3.833,78	1.760,73	45,93%
PL12	848	4.029,06	1.691,84	41,99%
PL58	1.311	3.513,33	1.579,86	44,97%
PL34	1.455	4.008,70	1.908,38	47,61%

O modelo tricaráter apresentou menor valor de $-2 \log L$, tendo o teste de razão de verossimilhança evidenciado seu melhor ajuste em relação ao modelo unicaráter.

Na Tabela 11 são apresentadas as estimativas dos componentes de variância obtidos pela aplicação dos modelos uni e tricaráter. Embora as estimativas de variâncias residuais para as PL12, PL58 e PL34 tenham se apresentado com valores próximos àqueles

obtidos no modelo unicaráter, as variâncias genética aditiva e de ambiente permanente apresentaram-se bastante heterogêneas.

A variância genética aditiva estimada pelo modelo tricaráter para as PL12 e PL58 representaram apenas 60 e 65% daquela estimada pelo uso do modelo unicaráter. Já a variância genética aditiva para a PL34 representou 141%. Quadro semelhante foi verificado quanto às estimativas de variância de ambiente permanente, em que as variâncias para as PL12, PL58 e PL34 representaram 174, 51 e 128% daquela estimada pelo uso do modelo unicaráter.

TABELA 11 – Estimativas de componentes de variância (kg^2), herdabilidade e repetibilidade para produção de leite por lactação em animais mestiços Holandês x Gir, obtidas nas análises unicaráter e tricaráter.

Estimativas	Unicaráter		Tricaráter	
	PL	PL12	PL58	PL34
Variância genética aditiva	635.192	382.094	411.865	895.598
Variância de Ambiente permanente	403.800	701.662	203.855	518.404
Variância residual	1.006.291	975.881	949.936	1.031.461
Herdabilidade	0,31	0,19	0,26	0,37
Repetibilidade	0,51	0,53	0,39	0,58

Estes resultados, somados ao melhor ajuste do modelo tricaráter, demonstrado pelo teste de razão de verossimilhança, indicam a existência de heterogeneidade de variância entre os grupos genéticos formadores da Raça Girolando. Tal heterogeneidade refletiu-se nas estimativas dos parâmetros genéticos, onde foi verificado que o grupo genético 3/4 apresentou maiores herdabilidade e repetibilidade. O grupo genético 1/2, embora tenha tido a menor estimativa de herdabilidade, apresentou repetibilidade próxima àquela verificada para o grupo 3/4 devido à grande expressão do componente de ambiente permanente, certamente em função dos desvios da aditividade (heterose), característicos de animais F_1 . Os animais do grupo 5/8 apresentaram herdabilidade intermediária aos demais grupos, no entanto, a mais baixa repetibilidade, como consequência da baixa variância de ambiente permanente.

As correlações genéticas entre as produções de leite por lactação dos três grupos genéticos foram iguais a unidade. Conseqüentemente, as correlações de Spearman entre os valores genéticos dos animais para as PL12, PL58 e PL34 também foram iguais um. Boldman et al. (1995) verificaram que, para duas características que nunca se expressam em um mesmo

indivíduo e em pequenos conjuntos de dados, é comum que seja observado uma tendência de que as estimativas de correlação genética entre estas características convirjam para um ou menos um.

As correlações de Spearman entre os valores genéticos preditos pela utilização dos modelos uni e tricaráter estão apresentadas na Tabela 12. As correlações foram todas significativamente diferentes de zero ($P < 0,05$), sendo próximas à unidade quando foram considerados todos os valores genéticos preditos (geral) e quando estes foram separados por sexo (touros e vacas).

Verificou-se uma tendência de redução dos valores das correlações à medida que a pressão de seleção foi elevada. Segundo Crews & Franke (1998), correlações de ordem menores do que 0,90 podem resultar em alterações nas classificações dos animais quando se considera ou não a heterogeneidade de variâncias entre grupos genéticos.

TABELA 12 – Valores da correlação de Spearman entre os valores genéticos preditos pela utilização dos modelos uni e tricaráter e respectivos graus de liberdade (Gl), de acordo com o grupo de animais selecionados.

Grupos	Valor da Correlação	Gl
Geral	0,965 ***	5.527
Touros	0,964 ***	469
Vacas	0,965 ***	5.057
50% superiores	0,916 ***	2.763
25% superiores	0,884 ***	1.381
10% superiores	0,863 ***	551
1% superiores	0,638 ***	54
10 Melhores touros	0,660 *	9

*** $P < 0,0001$; * $P < 0,05$.

Rodriguez-Almeida et al. (1995) verificaram que a pressuposição de variâncias homogêneas, quando da avaliação genética de animais de diferentes grupos genéticos, não é correta. Analisando detalhadamente as classificações dos dez melhores touros para produção de leite (Tabela 13), segundo os modelo uni e tricaráter, verificou-se que, embora quase todos os touros presentes entre os dez melhores pelo modelo unicaráter estivessem entre os dez melhores pelo modelo tricaráter, o ordenamento dos mesmos foi alterado.

Seis touros perderam posições enquanto os outros três ganharam. Um touro subiu cinco postos, um perdeu quatro postos e outro subiu três postos. Cinco touros perderam uma posição e outro ganhou uma posição. Em suma, a utilização do modelo tricaráter não teve grande impacto sobre a seleção dos dez melhores touros, mas na classificação dos mesmos, o que pode ser importante no caso da identificação de potenciais tourinhos jovens para teste de progênie.

TABELA 13 – Predições dos valores genéticos para as características produção de leite por lactação geral (PL) e produção de leite por lactação nos grupos genéticos 1/2 (PL12), 5/8 (PL58) e 3/4 (PL34) e classificação dos dez melhores touros, considerando os modelo uni ou tricaráter.

Touro	Valores Genéticos Preditos				Classificação	
	PL	PL12	PL58	PL34	Unicaráter	Tricaráter
96	1369,22	1247,11	1295,00	1909,58	2	1
729	1279,48	935,24	970,99	1431,89	3	2
754	1105,02	849,49	881,98	1300,63	4	3
610	1371,76	843,92	876,03	1291,94	1	4
65	903,72	762,74	792,00	1167,89	9	5
753	971,93	759,16	788,26	1162,38	7	6
354	1059,69	752,51	781,30	1152,15	6	7
523	920,91	709,85	736,99	1086,82	8	8
47	746,05	635,45	659,80	972,95	10	9
761	1066,84	632,50	656,73	968,43	5	10

4.4 Conclusões

O modelo tricaráter, que considera as variâncias heterogêneas, foi o mais adequado para a estimação de componentes de variância para a produção de leite em animais dos grupos genéticos formadores da Raça Girolando.

O ajuste para a heterogeneidade de variâncias entre os grupo genéticos pode levar a uma classificação mais correta dos animais de elite, garantindo maior progresso genético.

4.5 Referências Bibliográficas

BOLDMAN, K.G. et al. **A manual for use of MTDFREML: a set of programs to obtain estimates of variance and covariance.** Lincoln: Agricultural Research Service, 1995. 120p. [DRAFT].

COSTA, C.N. et al. Heterogeneidade de (Co)variância para as Produções de Leite e de Gordura entre Vacas Puras e Mestiças da Raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 555-563, 2004.

CREWS, D. H.; FRANKE, D. E. Heterogeneity of variances for carcass traits by percentage Brahman inheritance. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 7, p. 1803-1809, 1998.

HENDERSON, C. R. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. **Biometrics**, v. 31, n. 2, p. 423-447, 1975.

MOOD, A. M.; GRAYBILL, F. A.; BOES, D. C. Tests of hypotheses. In: MOOD, A. M.; GRAYBILL, F. A.; BOES, D. C. **Introduction to the theory of statistics.** Tokio: McGraw-Hill, 1974. p. 401-470.

NUNEZ-DOMINGUEZ, R.; VAN VLECK, L. D.; CUNDIFF, L. V. Prediction of genetic values of sires for growth traits of crossbred cattle using a multivariate animal model with heterogeneous variances. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 10, p. 2940-2950, 1995.

OLIVEIRA C. A. L. et al. Heterogeneidade de variâncias nos grupos genéticos formadores da Raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1212-1219, 2001.

RODRIGUEZ-ALMEIDA F. A. et al. Heterogeneity of variance by sire breed, sex, and dam breed in 200 and 365-day weights of beef cattle from a top cross experiment. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 9, p. 2579-2588, 1995.

SAMPAIO, I. B. M. **Estatística aplicada à experimentação animal.** 2. ed. Belo Horizonte: Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2002. 265p.

SAS. 1999. **Statistical Analysis Systems User's Guide.** Stat. Cary: SAS Institute, 1999.

SWAN, A. A.; KINGHORN, B. P. Symposium: Dairy Crossbreeding: Evaluation and exploitation of crossbreeding in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 75, p. 624-639, 1992.

VAN VLECK, L.D.; CUBDIFF, L.V. Prediction error variances for interbreed genetic evaluations. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 8, p. 1971-1977, 1994.

VINSON, W. E. Potential bias in genetic evaluations from differences in variation within herds. **Journal of Dairy Science**, v. 70, n. 11, p. 2450-2455, 1987.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao reportar-se às hipóteses científicas formuladas nos objetivos específicos desta Tese, os resultados encontrados nos três estudos, desenvolvidos para a investigação das mesmas, levam às seguintes considerações:

- a) Refuta-se parcialmente a primeira hipótese, uma vez que, embora a correção da produção de leite pela duração da lactação tenha levado à redução da variabilidade genética, a eliminação das lactações curtas não provocou redução expressiva da variabilidade genética, mas uma forte redução da variância residual, contribuindo para uma melhoria da qualidade das avaliações genéticas;
- b) Confirma-se a importância dos efeitos de diferença genética aditiva entre as raças e de dominância para o desempenho produtivo e reprodutivo de animais mestiços Holandês x Gir. No entanto, ao contrário daquilo que havia sido lançado como hipótese, as interações epistáticas mostraram-se importantes para a produção de leite, uma vez que os efeitos de recombinação foram significativos e negativos para esta característica, indicando perda por recombinação;
- c) Foi confirmada a hipótese de heterogeneidade de variância genética entre os grupos genéticos formadores da Raça Girolando.

Além destes aspectos, outras conclusões realizadas a partir dos três estudos foram:

- d) O ajuste da produção de leite para a duração da lactação pode levar a conclusões equivocadas na comparação de grupos genéticos Holandês x Gir para a produção de leite e na classificação dos animais por mérito genético.
- e) Os efeitos genéticos aditivos da raça Holandesa mostram-se importantes para maior produção de leite e duração da lactação e redução da idade ao primeiro parto, sendo tais efeitos complementados pela heterose resultante do cruzamento com a raça Gir.
- f) A redução da produção de leite em função das perdas por recombinação torna mais complexo o processo de formação de uma raça sintética a partir do cruzamento entre as raças Gir e Holandesa, sendo necessário um rigoroso e bem conduzido processo de seleção para neutralizar estes efeitos indesejáveis.
- g) Tendo sido verificada a existência de variâncias heterogêneas entre os grupos genéticos formadores da raça Girolando, o modelo tricaráter, que considera estas variâncias heterogêneas, mostrou-se mais adequado para a estimação de componentes de variância

para a produção de leite, sendo o ajuste promovido por este modelo adequado para uma classificação mais correta dos animais de elite, garantindo maior progresso genético.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS

BOLDMAN, K.G. et al. **A manual for use of MTDFREML: a set of programs to obtain estimates of variance and covariance.** Lincoln: Agricultural Research Service, 1995. 120p. [DRAFT].

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Agropecuária – Coordenação de Produção Animal. **Normas para formação da raça Girolando.** Brasília: DF, 1992. 31p.

COSTA, C.N. et al. Heterogeneidade de (Co)variância para as Produções de Leite e de Gordura entre Vacas Puras e Mestiças da Raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 555-563, 2004.

CREWS, D. H.; FRANKE, D. E. Heterogeneity of variances for carcass traits by percentage Brahman inheritance. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 7, p. 1803-1809, 1998.

DALY, J. J. **Melhoramento genético para produção de carne bovina.** Cairns: Queensland Department of Primary Industries, 1977. 80p. (Beef Cattle Husbandry Branch. Tec. Bullet. 7).

DEMEKE, S.; NESER, F.W.C.; SCHOEMAN, S.J. Estimates of genetics parameters for Boran, Friesian, and crosses of Friesian and Jersey with the Boran cattle in the tropical highlands of Ethiopia: milk production traits and cow weight. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 121, p. 163-175, 2004.

DICKERSON, G.E. Experimental approaches in utilizing breed resources. **Animal Breeding Abstracts**, v. 37, n. 2, p. 191-201, 1969.

DICKERSON, G.E. Inbreeding and heterosis in animals. In: Proceedings of Animal Breeding and Genetics Symposium in Honor of Dr. Jay L. Lush. **American Society of Animal Science**, p. 54, 1973.

EUCLIDES FILHO, K. **O melhoramento genético e os cruzamentos em bovino de corte.** Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1996. 35 p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 63).

EL FADILI, M.; LEROY, P.L. Estimation of additive and non-additive genetic parameters for reproduction, growth and survival traits in crosses between the Moroccan D´man and Timahdite sheep breeds. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 118, p. 341-353, 2001.

FACÓ, O. **Análise do desempenho produtivo de diversos grupo genéticos Holandês x Gir no Brasil**. 2001. 66 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

FACÓ, O. et al. Idade ao Primeiro Parto e Intervalo de Partos de Cinco Grupos Genéticos Holandês x Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 1920-1926, 2005.

FACÓ, O. et al. Análise do desempenho produtivo de diversos grupos genéticos Holandês x Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 1944-1952, 2002.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to Quantitative Genetics**. Harlow: Longman Group Limited, 1996. 464p.

FREITAS, A.F.; WILCOX, C.J.; COSTA, C.N. Breed group effects on milk production of brazilian crossbred dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 8, p. 2306-2311, 1998.

FREITAS, A.F.; WILCOX, C.J.; ROMAN, R.M. Genetic parameters for milk yield and composition of crossbred dairy cattle in Brazil. **Revista Brasileira de Genética**, v. 18, n. 2, p. 229-235, 1995.

GIANNONI, M. A.; GIANNONI, M. L. **Genética e melhoramento de rebanhos nos trópicos**. São Paulo: Nobel, 1983. 463p.

GREGORY, K. E.; CUNDIFF, L. V.; KOCH, R. M. **Composite breeds to use heterosis and breed differences to improve efficiency of beef production**. Lincoln: USDA/University of Nebraska, 1992. 53p.

HENDERSON, C. R. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. **Biometrics**, v. 31, n. 2, p. 423-447, 1975.

KAHI, A. K. et al. Crossbreeding for dairy production in the lowland tropics of Kenya. I. Estimation of individual crossbreeding effects on milk production and reproductive traits and on cow live weighth. **Livestock Production Science**, v. 63, p. 39-54, 2000a.

KAHI, A. K. et al. Crossbreeding for dairy production in the lowland tropics of Kenya. II. Prediction of performance of alternative crossbreeding strategies. **Livestock Production Science**, v. 63, p. 55-63, 2000b.

KAHI, A.K. et al. Estimation of individual and maternal additive genetic and heterotic effects for preweaning traits of crosses of Ayrshire, Brown Swiss and Sahival cattle in the lowland tropics of Kenya. **Livestock Production Science**, v. 44, p. 139-146, 1995.

KOMENDER, P.; HOESCHELE, I. Use of Mixed-Model Methodology to Improve Estimation of Crossbreeding Parameters. **Livestock Production Science**, v. 21, n. 2, p. 101-113, 1989.

LEMOS, A.M. et al. Comparative Performance of six Holstein-Friesian x Guzera grades in Brazil. 5. Age at first calving. **Revista Brasileira de Genética**, v. 15, n. 1, p. 73-83, 1992.

LÔBO, R.N.B.; MADALENA, F.E.; VIEIRA, A.R. Average estimates of genetic parameters for beef and dairy cattle in tropical regions. **Animal Breeding Abstracts**, v. 68, n. 6, p. 433-462, 2000.

MADALENA, F.E.; LEMOS, A.M.; TEODORO, R.L. Consequences of removing the variation in lactation length on the evaluation of dairy cattle breeds and crosses. **Revista Brasileira de Genética**, v. 15, n. 3, p. 585-593, 1992.

MADALENA, F.E. et al. Dairy production and reproduction in Holstein-Friesian and Guzera crosses. **Journal of Dairy Science**, v. 73, p. 1872-1886, 1990.

MADALENA, F.E. et al. Causes terminating lactations records in Holstein-Friesian x Guzerá crosses. **Revista Brasileira de Genética**, v. 12, n. 1, p. 161-167, 1989.

MADALENA, F.E. et al. Produção de leite e intervalo entre partos de vacas HPB e mestiças HPB:Gir num alto nível de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 2, p. 195-200, 1983.

MACKINNON, M.J.; THORPE, W.; BAKER, R.L. Sources of genetic variation for milk production in a crossbred herd in the tropics. **Animal Science**, v. 62, p. 5-16, 1996.

MARTINEZ, M.L.; LEE, A.J.; LIN, C.Y. Age and Zebu-Holstein additive and heterotic effects on lactation performance and reproduction in Brazil. **Journal of Dairy Science**, v. 71, n. 3, p. 800-808, 1988.

MELLO, A.A. et al. Efeito da eliminação de lactações curtas e do ajuste pela duração da lactação na herdabilidade da produção de leite em um rebanho Gir. **Arquivo Latinoamericano de Produccion Animal**, v. 2, n. 2, p. 117-123, 1994.

MOOD, A. M.; GRAYBILL, F. A.; BOES, D. C. Tests of hypotheses. In: MOOD, A. M.; GRAYBILL, F. A.; BOES, D. C. **Introduction to the theory of statistics**. Tokio: McGraw-Hill, 1974. p. 401-470.

NUNEZ-DOMINGUEZ, R.; VAN VLECK, L. D.; CUNDIFF, L. V. Prediction of genetic values of sires for growth traits of crossbred cattle using a multivariate animal model with heterogeneous variances. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 10, p. 2940-2950, 1995.

OLIVEIRA C. A. L. et al. Heterogeneidade de variâncias nos grupos genéticos formadores da Raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1212-1219, 2001.

REGE, J.E.O. et al.. Crossbreeding Jersey with Ghana Shorthorn and Sokoto Gudali cattle in a tropical environment: additive and heterotic effects for milk production, reproduction and calf growth traits. **Animal Production**, v. 59, p. 21-29, 1994.

ROBISON, O.W.; McDANIEL, B.T.; RINCON, E.J. Estimation of direct and maternal additive and heterotic effects from crossbreeding experiments in animals. **Journal of Animal Science**, v. 52, n. 1, p. 44-50, 1981.

RODRIGUEZ-ALMEIDA F. A. et al. Heterogeneity of variance by sire breed, sex, and dam breed in 200 and 365-day weights of beef cattle from a top cross experiment. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 9, p. 2579-2588, 1995.

SAMPAIO, I. B. M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2002. 265p.

SAS. 1999. **Statistical Analysis Systems User's Guide**. Stat. Cary: SAS Institute, 1999

SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. **Statistical Methods**. 6. ed. Ames, Iowa State University Press, 1967. 593p.

SWAN, A. A.; KINGHORN, B. P. Symposium: Dairy Crossbreeding: Evaluation and exploitation of crossbreeding in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 75, p. 624-639, 1992.

VAN VLECK, L.D.; CUBDIFF, L.V. Prediction error variances for interbreed genetic evaluations. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 8, p. 1971-1977, 1994.

VINSON, W. E. Potential bias in genetic evaluations from differences in variation within herds. **Journal of Dairy Science**, v. 70, n. 11, p. 2450-2455, 1987.

WOLF, J.; ZAVADILOVÁ, L.; NEMCOVÁ, E. Non-additive effects on milk production in Czech dairy cows. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 122, p. 332-339, 2005.