

Associação Genética, Fenotípica e de Ambiente entre Medidas de Eficiência Reprodutiva e Produção de Leite na Raça Holandesa¹

Marcos Vinícius Gualberto Barbosa da Silva², José Aurélio Garcia Bergmann³, Mário Luiz Martinez⁴, Carmen Silva Pereira³, José Bento Stermann Ferraz⁵, Hamilton Carmélio Machado da Silva³

RESUMO - Utilizando-se o método da Máxima Verossimilhança Restrita e o algoritmo Livre de Derivadas sob modelos animais, foram estimados parâmetros genéticos para as características idade ao primeiro parto, primeiro intervalo de partos e produção de leite em até 305 dias na primeira e na segunda lactações, e avaliadas as associações genéticas entre estas características. O arquivo original, extraído do Arquivo Zootécnico Nacional - Gado de Leite, continha 118.894 informações de produção de leite e eficiência reprodutiva de vacas da raça Holandesa, paridas entre 1980 e 1992 e provenientes de seis Estados brasileiros (ES, MG, PR, SC, SP e RS). Foi requerido que cada subclasse rebanho-ano-estação contivesse, no mínimo, quatro observações e que os touros fossem pais de, pelo menos, quatro vacas distribuídas em três rebanhos. Além do efeito fixo de rebanho-ano-estação, os modelos estatísticos usados ajustaram para o efeito de idade do animal. Em análises conjuntas de produção de leite com cada uma das duas características reprodutivas, as estimativas de herdabilidade \pm EP foram para produção de leite na primeira lactação e idade ao primeiro parto, respectivamente, $0,35 \pm 0,01$ e $0,05 \pm 0,01$, e para produção de leite na primeira lactação e primeiro intervalo de partos $0,20 \pm 0,02$ e $0,12 \pm 0,02$, respectivamente. Na análise com característica única, utilizando-se período seco como covariável, a herdabilidade para produção de leite na segunda lactação foi $0,23 \pm 0,02$. A despeito de serem baixas, as estimativas de herdabilidade para as medidas de eficiência reprodutiva não foram nulas, indicando que estas características poderiam ser consideradas nos programas de seleção. As correlações genéticas, fenotípicas e de ambiente entre produção de leite na primeira lactação e idade ao primeiro parto foram, respectivamente, $-0,65$; $0,09$; e $0,22$. Entre produção de leite na primeira lactação e primeiro intervalo de partos, estimativas destas mesmas correlações foram, respectivamente, $0,75$; $0,21$; e $0,11$. A seleção para produção de leite na primeira lactação pode reduzir a idade ao primeiro parto e aumentar o primeiro intervalo de partos.

Palavras-chave: idade ao primeiro parto, intervalo de partos, parâmetros genéticos

Genetic, Phenotypic and Environmental Associations Between Reproduction Traits and Milk Yield in the Brazilian Holstein Breed

ABSTRACT - DFREML methodology and animal models were used to estimate heritabilities and genetic correlations between reproduction traits (age at first calving and first calving interval) and milk yield limited to 305 days in the first and second lactation. Original data file had 118,894 records on milk yield and reproductive traits of Brazilian Holstein females, calving between 1980 and 1992, in six States (ES, MG, PR, SC, SP and RS). Restrictions imposed to data structure were a minimum of four records for each herd-year-season of birth class and four daughters per sire, born in, at least, three different herds. Models included the fixed effects of herd-year-season and age of the animal. From bivariate animal models, heritability \pm standard error estimates were $.35 \pm .01$ and $.05 \pm .01$ for milk production in the first lactation and age at first calving, and $.20 \pm .02$ and $.12 \pm .02$ for milk production in the first lactation and first calving interval, respectively. From univariate animal model including dry period as covariate, milk production in the second lactation heritability estimate was $.23 \pm .02$. Genetic, phenotypic, and environmental correlation between milk production in the first lactation and age at first calving were $-.65$, $.09$ and $.22$, respectively. In the same order, correlations between milk production in the second lactation and first calving interval were $.75$, $.21$ and $.11$. Selection for milk production in the first lactation would reduce age at first calving and increase first calving interval.

Key Words: age at first calving, calving interval, genetic parameters

¹ Parte da Dissertação apresentada à Escola de Veterinária da UFMG pelo primeiro autor, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Pesquisa parcialmente financiada pelo CNPq, FAPEMIG e PRPq-UFMG.

² Mestre, Pesquisador da Estação Experimental de Zootecnia de Pindamonhangaba/Instituto de Zootecnia/CPA/SAA - Caixa Postal, 7 - 12400-000 - Pindamonhangaba, SP.

³ PhD, Professor do Departamento de Zootecnia da EV-UFMG. Bolsista do CNPq.

⁴ PhD, Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Leite - CNPGL/EMBRAPA. Bolsista do CNPq.

⁵ Doutor, Professor do Departamento de Ciências Básicas da FZEA-USP. Bolsista do CNPq.

Introdução

Tradicionalmente, a produção de leite é a característica mais considerada nos programas de seleção de bovinos leiteiros. Entretanto, vários estudos têm mostrado declínio da eficiência reprodutiva associado ao aumento da produção de leite. Esta constatação não é recente em países de clima temperado, já tendo sido evidenciada por Eckels (1929), citado por HANSEN (1981). Antagonismos genéticos envolvendo diferentes medidas de eficiência reprodutiva e produção de leite foram identificados, nos EUA, por EVERETT et al. (1966), na raça Guernsey; BONCZEK et al. (1992), na raça Jersey; e HANSEN et al. (1983 b), BADINGA et al. (1985), HAGEMAN et al. (1991), SADEK e FREEMAN (1992) e MARTI e FUNK (1994), na raça Holandesa. Resultados semelhantes, também na raça Holandesa, foram observados por KHATTAB e ASHMAWY (1988) e WOOD e FRAPPEL (1982), na Grã-Bretanha, e BAGNATO e OLTENACU (1994), na Itália. Entretanto, pouco ou nenhum antagonismo entre eficiência reprodutiva e produção de leite foi relatado por BROTHERSTONE (1987), na Grã-Bretanha; RAHEJA et al. (1989 a; 1989b), no Canadá; e BARNES et al. (1990) e SHORT et al. (1990), nos Estados Unidos.

Em regiões tropicais e subtropicais existem poucos trabalhos enfocando a possibilidade deste antagonismo, a despeito da importância dos aspectos reprodutivos sobre os custos de produção de bovinos de leite. Uma das hipóteses aventadas para a existência desta associação indesejável seria o fato de que vacas com alto valor genético para a produção de leite poderiam ter eficiência reprodutiva comprometida pelo aumento do estresse, uma vez que, provavelmente, animais de alta produção, como vacas da raça Holandesa, estariam sob maior estresse fisiológico, que associado ao estresse climático das regiões tropicais e subtropicais do globo, acentuaria ainda mais o provável antagonismo entre as medidas de eficiência reprodutiva e a produção de leite.

Foi objetivo do presente estudo utilizar a metodologia da Máxima Verossimilhança Restrita (REML, PATTERSON e THOMPSON, 1971), sob modelos animais, para obter estimativas de herdabilidade e de correlações fenotípicas, genéticas e ambientes para características reprodutivas e produtivas de animais da raça Holandesa criados no Brasil.

Material e Métodos

Os dados foram extraídos do Arquivo Zootécnico Nacional - Gado de Leite, sob gerenciamento do Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Leite da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-Gado de Leite). O arquivo inicial continha 118.894 registros de eficiência reprodutiva e de produção de animais da raça Holandesa, com partos registrados no período de 1980 a 1992, em 1317 rebanhos, distribuídos nos Estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo.

Para geração dos arquivos para as análises, foram descartados os registros com duração da lactação inferior a 150 dias e os com produção igual a zero, secagem anormal ou lactação em aberto. Observações com intervalo de partos inferior a 300 ou superior a 730 dias, bem como com ano de nascimento desconhecido, foram também suprimidas. As informações provenientes do Estado do Espírito Santo foram descartadas, por não apresentarem distribuição satisfatória quanto aos anos de parto e rebanhos. Foram eliminados todos os registros repetidos, os com ordem de parto superior a 2 (dois) e os de vacas que tiveram sua primeira parição com idade superior a 42 meses. Este último critério foi adotado porque, em muitos casos, a ordem de parto 1 (um) não correspondia à primeira parição do animal, mas à entrada deste em controle leiteiro ou no rebanho. Os registros com pais desconhecidos foram eliminados para a obtenção dos valores iniciais para análises subsequentes. Entretanto, prevendo-se dificuldades computacionais, em razão do número excessivo de equações a serem resolvidas pelo aplicativo MTDFREML (Multiple-Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood), desenvolvido por BOLDMAN et al. (1993), estas eliminações foram mantidas. Para melhor consistência dos dados, foi requerido que cada subclasse rebanho-ano-estação contivesse, no mínimo, quatro observações e que os touros fossem pais de, pelo menos, quatro vacas distribuídas em três rebanhos.

Assim, foram obtidos três arquivos, dois deles destinados ao estudo das herdabilidades e correlações entre idade ao primeiro parto e produção de leite na primeira lactação em até 305 dias ($n = 15.649$) e entre primeiro intervalo de partos e produção de leite na primeira lactação em até 305 dias ($n = 6876$). O terceiro arquivo ($n = 7140$) objetivou o estudo da regressão da produção de leite na segunda lactação em até 305 dias sobre o primeiro período seco. Pela análise

Tabela 1 - Distribuição do número de animais e rebanhos da raça Holandesa disponíveis no arquivo original e nos arquivos usados para análise da idade ao primeiro parto (IPP), produção de leite na primeira (PL1) e segunda (PL2) lactações, primeiro intervalo de partos (IDP) e período seco (PSECO), de acordo com o Estado de origem

Table 1 - Distribution of the numbers of animals and herds of the Holstein breed available in the original data file and in the data files used for the analysis of age at first calving (AFC), milk production in the first (P1) and second (P2) lactation, first calving interval (FCI) and dry period, according to State of origin

| Estado State | Característica estudada Characteristic | | | | | | | |
|-------------------|---|--------------|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------|---------------------|--------------|
| | Arquivo original Original data file | | IDP e PL1 AFC and P1 | | IPP e PL2 FCI and P2 | | PSECO Dry period | |
| | Animais | Rebanhos | Animais | Rebanhos | Animais | Rebanhos | Animais | Rebanhos |
| | <i>Animals</i> | <i>Herds</i> | <i>Animals</i> | <i>Herds</i> | <i>Animals</i> | <i>Herds</i> | <i>Animals</i> | <i>Herds</i> |
| Espírito Santo | 485 | 19 | - | - | - | - | - | - |
| Minas Gerais | 12.889 | 125 | 282 | 18 | 1211 | 54 | 281 | 21 |
| Paraná | 66.976 | 427 | 6171 | 138 | 12.158 | 292 | 6399 | 146 |
| Rio Grande do Sul | 5338 | 261 | 10 | 2 | 249 | 29 | 18 | 4 |
| Santa Catarina | 4392 | 71 | 54 | 3 | 206 | 9 | 82 | 6 |
| São Paulo | 28.815 | 414 | 359 | 28 | 1825 | 79 | 360 | 29 |
| Total | 118.894 | 1317 | 6876 | 189 | 15.649 | 463 | 7140 | 206 |

da Tabela 1, na qual se encontra a distribuição dos dados entre estados, antes e após as eliminações, pode ser observado que os dados dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, apesar do reduzido número de registros, foram mantidos nas análises finais, por propiciarem melhor conexão entre reprodutores.

Para obtenção de valores iniciais para os componentes de variância, os dados foram analisados pelo método dos quadrados mínimos, utilizando-se o procedimento GLM (SAS, 1985), cujos modelos estatísticos incluíram os efeitos fixos de grupo contemporâneo, representados por classes de rebanho-ano-estação, sendo a estação 1 representada por animais com início de lactação de abril a setembro e estação 2 por animais com início de lactação de outubro a março do ano subsequente, e idade da vaca ao parto (efeito linear e quadrático), além do efeito aleatório de reprodutor. Para cálculo dos valores iniciais para as covariâncias, foi utilizada a propriedade da variância da soma de duas variáveis.

Com a utilização destes valores iniciais foram estimados os componentes de (co)variância pelo método REML e o algoritmo não-derivativo, proposto por SMITH e GRASER (1986) e GRASER et al. (1987). O aplicativo utilizado foi o MTDFREML (BOLDMAN et al., 1993) e o critério de convergência estabelecido foi que a variância dos $(n + 1)$ valores da função $(-2\log\Lambda)$ do método *Simplex* fosse menor que 10^{-9} , sendo "n" igual ao número de componentes de (co)variância a serem estimados.

Além do efeito fixo de rebanho-ano-estação de nascimento, as análises com uma e duas características incluíram os efeitos das covariáveis idade da vaca ao parto (linear e quadrática) e período seco

(apenas para a análise da característica produção de leite na segunda lactação).

Segundo ELER (1994), a estimação do erro-padrão das estimativas de componentes de variância obtidos pelo método REML não está bem estabelecida. Entretanto, KOOTS et al. (1994) comentaram que as estimativas de herdabilidade obtidas a partir de modelos animais podem ser assumidas como possuindo erros-padrão similares aos obtidos a partir de análises de meio-irmãos paternos. Dessa forma, todos os erros-padrão das estimativas de herdabilidade neste estudo foram calculados de acordo com a fórmula apresentada por FALCONER (1989).

Resultados e Discussão

A estimativa de herdabilidade da idade ao primeiro parto e respectivo erro-padrão, obtida pela análise conjunta com a produção de leite na primeira lactação, foi de $0,05 \pm 0,01$. Este valor se aproxima dos obtidos por ARORA e SHARMA (1983), na Índia; SEYKORA e McDANIEL (1983), nos EUA; e BATRA et al. (1986), no Canadá. É, também, semelhante ao relatado por MOORE et al. (1990), no Canadá, em análise conjunta com produção de leite. No entanto, é inferior aos mencionados por RIBAS (1981), no Brasil; SHANKS et al. (1982), nos EUA; e REGE (1991), no Kênia. MIRANDA (1988) mencionou valores entre 0,49 a 0,56, ao revisar trabalhos publicados no Brasil para idade ao primeiro parto, referentes à raça Holandesa.

A baixa estimativa de herdabilidade encontrada no presente estudo, em relação às normalmente verificadas na literatura, pode ter sido resultante da

amostragem e da inclusão do grupo contemporâneo rebanho-ano-estação de nascimento no modelo, ao invés da variável rebanho-ano-estação de parto utilizada por outros autores. Como a idade ao primeiro parto é influenciada pelos efeitos de práticas de manejo e pelo ambiente, comuns a fêmeas nascidas no mesmo período, ajustamentos para ano-estação de parto podem não eliminar completamente a variação causada por estes dois fatores, inflacionando as estimativas de herdabilidade. Ainda, em alguns dos trabalhos encontrados na literatura, possíveis confundimentos entre reprodutores e rebanho-ano-estação de parto podem ter superestimado as estimativas de herdabilidade.

Weitze (1984), citado por WINKLER (1993), também revelou que valores elevados de herdabilidade para idade ao primeiro parto poderiam estar relacionados à influência de certas linhagens de touros não selecionados, quando comparadas às herdabilidades estimadas a partir de populações selecionadas. De qualquer maneira, o resultado obtido neste estudo sugere que a variância genética aditiva para esta característica é pequena, indicando que sua expressão pode ser decorrente da atuação de genes dominantes ou epistáticos ou, ainda, de fatores de meio ambiente, como manejo alimentar e reprodutivo. Assim, a seleção para redução da idade ao primeiro parto na população estudada mostrar-se-ia pouco eficiente e melhorias no manejo poderiam constituir maneiras mais rápidas para redução na média da característica.

A estimativa de herdabilidade do primeiro intervalo de partos e respectivo erro-padrão, obtida pela análise conjunta com a produção de leite na primeira lactação, foi de $0,12 \pm 0,02$. Este resultado é superior aos valores normalmente relatados no Brasil, que se situam entre 0 e 0,08 (MIRANDA, 1988), e aos valores obtidos por SHORT et al. (1990), nos EUA, que, com a metodologia REML com modelo de touro, encontraram estimativas entre $0,02 \pm 0,01$ e $0,05 \pm 0,03$.

CAMPOS et al. (1994), nos EUA, utilizando o método REML, encontraram valores iguais a $0,10 \pm 0,04$ e $0,01$, respectivamente, para análises com intervalo de partos como característica única e conjunta com produção de leite. ARORA e SHARMA (1983), na Índia; BATRA et al. (1986), no Canadá; e REGE (1991), no Kênia, ao analisarem registros do intervalo de partos pelo Método III de Henderson, obtiveram resultados semelhantes aos deste estudo, bem como DONG e VAN VLECK (1989a, 1989b), nos EUA, que também com o método REML sob modelo animal relataram, respectivamente, valores iguais a 0,14 e 0,16.

De modo geral, a estimativa de herdabilidade para o primeiro intervalo de partos do presente estudo foi superior às usualmente relatadas na literatura. Provavelmente, isto pode ter sido em razão do uso da metodologia REML sob modelo animal. Segundo VAN VLECK e HUDSON (1982) e JOHNSON et al. (1992), a inclusão do parentesco entre animais leva a estimativas de componentes de variância mais elevadas. Além disso, o método REML pode ser menos influenciado pelos possíveis efeitos da seleção em comparação a outros métodos.

Deve-se salientar que, ao se confrontarem as diferentes estimativas de herdabilidade do intervalo de partos, faz-se necessário levar em consideração qual a ordem do parto correspondente aos registros dos intervalos analisados, pois parte da variação genética aditiva inicialmente existente poderia ser perdida pelo descarte seqüencial de animais com intervalos maiores, o que levaria a reduções contínuas nas estimativas de herdabilidade, na medida em que aumenta a ordem das partições.

As estimativas de herdabilidade obtidas neste estudo e respectivos erros-padrão para a produção de leite na primeira lactação foram de $0,35 \pm 0,01$ para análise conjunta com idade ao primeiro parto e $0,20 \pm 0,02$ para análise conjunta com primeiro intervalo de partos. Para produção de leite na segunda lactação, analisada como característica única em modelo que incluía a covariável período seco precedente, a estimativa de herdabilidade foi de $0,23 \pm 0,02$. Todos estes valores situam-se no intervalo entre 0,20 e 0,37, freqüentemente relatado por diversos autores no Brasil, para a raça Holandesa (RIBAS, 1981; COSTA et al., 1982; e RORATO et al., 1986; BARBOSA et al., 1994). Foram também semelhantes aos resultados encontrados em países de clima temperados por pesquisadores que utilizaram o método REML sob modelo animal (DONG e VAN VLECK, 1989a; 1989b; CAMPOS et al., 1994; MARTI e FUNK, 1994; e SUZUKI e VAN VLECK, 1994).

O valor mais elevado da herdabilidade para a produção de leite na primeira lactação, obtido pela análise conjunta com a idade ao primeiro parto, 0,35, talvez possa ser explicado pela formação dos rebanhos da raça Holandesa no Brasil, com migrações de diversas populações provenientes de vários países. É possível que as várias correntes migratórias tenham contribuído para o aumento da base genética, elevando as estimativas da variância genética aditiva. Também, a utilização da matriz de parentesco pode ter contribuído para maior magnitude da variância genética aditiva. Observa-se, no entanto, que este resulta-

do foi consistentemente mais elevado que a estimativa de herdabilidade obtida pela análise conjunta com primeiro intervalo de partos. Este menor valor pode ter ocorrido em função do efeito de seleção dos animais após a primeira lactação (Tabela 1), diminuindo a variância genética aditiva existente. Alguns autores (DONG e VAN VLECK, 1989b; CAMPOS et al., 1994) revelaram que a utilização de dados selecionados para estimar as (co)variâncias da produção de leite e do intervalo de partos poderia diminuir as estimativas de variâncias genéticas aditivas e residuais, mas que a redução observada nas variâncias residuais seria mais acentuada do que nas variâncias genéticas aditivas.

Na análise para produção de leite no segundo parto, como característica única, e a inclusão do período seco como covariável, a estimativa de herdabilidade (0,23) foi superior àquela obtida pela análise conjunta da primeira produção de leite com o intervalo de partos, o que pode ter ocorrido em função da correção para o efeito permanente de ambiente do período seco. PEREIRA (1993) comentou que as comparações entre as estimativas de herdabilidade da produção de leite deveriam ser criticamente analisadas pelas próprias particularidades inerentes às suas obtenções. Ainda, segundo esse autor, a herdabilidade é um parâmetro cujo valor é variável em função da metodologia adotada, da população considerada e do período analisado.

Na Tabela 2 são apresentadas as correlações genéticas, fenotípicas e de ambiente entre produção de leite na primeira lactação e as características idade ao primeiro parto e primeiro intervalo de partos. A correlação genética entre a idade ao primeiro parto e a produção de leite na primeira lactação (-0,65) indica que a maioria dos genes que atuam sobre a primeira característica também têm efeito, em sentido oposto, sobre a segunda. Este resultado sugere que filhas de touros com alto valor genético aditivo para produção de leite tendem a apresentar maturidade fisiológica a uma idade mais precoce. Dessa forma, pode-se inferir que a seleção para produção de leite resultaria em novilhas parindo mais cedo, o que está de acordo com os resultados apresentados por SHANKS et al. (1982), HANSEN et al. (1983a) e SEYKORA e McDANIEL (1983). Resultados opostos, no entanto, foram constatados por ARORA e SHARMA (1983), BATRA et al. (1986) e REGE (1991). Os resultados de HANSEN (1981) permitiram concluir que esta relação favorável entre potencial genético para produção de leite e eficiência

Tabela 2 - Correlações genéticas, fenotípicas e ambientes entre produção de leite na primeira lactação em até 305 dias e características reprodutivas de animais da raça Holandesa

Table 2 - Genetic, phenotypic and environmental correlations among milk production in the first lactation and reproduction traits in the Holstein breed

| Característica <i>Characteristic</i> | Correlação <i>Correlation</i> | | |
|---|----------------------------------|-------------------|----------------------|
| | Genética | Fenotípica | Ambiente |
| | <i>Genetic</i> | <i>Phenotypic</i> | <i>Environmental</i> |
| Idade ao primeiro parto <i>Age at first calving</i> | -0,65 | 0,09 | 0,22 |
| Primeiro intervalo de partos <i>First calving interval</i> | 0,75 | 0,21 | 0,21 |

reprodutiva, em novilhas, tornou-se antagônica após o primeiro parto, quando as novilhas estiveram sujeitas ao estresse de produção. Segundo esse autor, uma explicação para tal ocorrência poderia ser a ação pleiotrópica dos genes atuando de forma diferente para idades distintas na vida do animal.

Ainda para as mesmas características, a correlação de ambiente encontrada (0,22) foi inferior à correlação genética e de sinal contrário, o que, aliado às magnitudes das estimativas de herdabilidade para as duas características, indicaria que os animais mais jovens, por ocasião do primeiro parto, tenderiam a produzir mais leite em razão da associação favorável entre os efeitos genéticos aditivos para as duas características. Entretanto, a magnitude e o sentido adverso do componente de ambiente na composição da associação fenotípica entre produção de leite e idade ao primeiro parto ofuscariam o componente genético, resultando em correlação fenotípica de pequena magnitude (0,09). VAN DAM et al. (1988) não encontraram relação significativa entre idade ao primeiro parto e produção de leite, mas observaram tendência de ambiente na qual animais mais velhos produziram mais leite que os mais jovens.

Pode-se observar, pela Tabela 2, que a correlação genética entre o primeiro intervalo de partos e a produção de leite na primeira lactação foi alta e positiva, sugerindo estreita associação e antagonismo entre estas características. Neste caso, pode-se inferir que os mesmos genes que controlam os mecanismos de secreção de leite atuam de forma pleiotrópica sobre a fertilidade após o primeiro parto. A incompatibilidade entre alta produção de leite e intervalos de partos foi também observada na raça Holandesa por

CAMPOS et al. (1994), que encontraram correlações genéticas de 0,17 a 0,56. SHORT et al. (1990) obtiveram valores entre 0,24 e 0,61, usando o método REML com o modelo de touro, e constataram que a ocorrência do estro em vacas de alta produção era mais difícil do que em vacas de baixa produção. KAFIDI et al. (1992), usando o Método III de Henderson, encontraram correlação genética de $0,33 \pm 0,06$ e concluíram que, embora moderado, este valor indica que a seleção para produção de leite tem efeito desfavorável na eficiência reprodutiva. SEYKORA e McDANIEL (1983) relataram correlações genéticas de $0,54 \pm 0,20$ e $0,53 \pm 0,10$ estimadas, respectivamente, pelo Método III de Henderson e pela regressão mãe-filha.

A correlação de ambiente entre primeiro intervalo de partos e produção de leite na primeira lactação foi de menor magnitude (0,22), que, aliado às magnitudes das estimativas de herdabilidade para as duas características, resultou em correlação fenotípica de 0,29. Resultado semelhante foi encontrado, no Brasil, por PEREIRA (1993), na raça Caracu. Esse autor comentou que melhoria nas condições de manejo e alimentação poderia atenuar o antagonismo fenotípico entre produção de leite e fertilidade. POLASTRE et al. (1983), na raça Jersey, e SHORT et al. (1990), na raça Holandesa, também encontraram resultados semelhantes ao deste estudo.

Muitas são as razões que podem explicar o antagonismo entre produção de leite e eficiência reprodutiva. Do ponto de vista biológico, o estresse resultante da alta produção e o balanço energético negativo parecem ser as de maior relevância (MÄNTYSAARI e VAN VLECK, 1989). Segundo esses autores, apesar desses mecanismos serem intensivamente estudados, nenhuma explicação fisiológica definitiva foi ainda encontrada. Parece ser mais provável que a condição corporal e a alta produção de leite influenciam o reaparecimento do ciclo estral e a intensidade dos sinais de estro, aumentando o intervalo do parto e o primeiro serviço. Gonzales (1984), citado por SHORT et al. (1990), observou que, embora a atividade ovariana seja iniciada logo após o parto, a probabilidade de identificação de vacas em estro seria menor em vacas de elevada produção. Diante da possibilidade do balanço energético ser o responsável pelo antagonismo, SWALVE et al. (1992) recomendaram que fosse realizado ajuste para este efeito no modelo de análise. No entanto, segundo POLASTRE (1991), algum confundimento na interpretação dos resultados de

estudos sobre o relacionamento entre produção de leite e eficiência reprodutiva, em vacas leiteiras, pode ser gerado pela indefinição de causa e efeito.

Alguns autores destacaram que, fenotipicamente, a alta produção provoca decréscimo da eficiência reprodutiva. Porém, outros estudos inverteram a relação de dependência, concluindo-se que a alta produção de leite é provocada por intervalos de partos mais prolongados (POLASTRE, 1991). Neste último caso, a diminuição da produção de leite seria causada pelos efeitos da gestação. De acordo com OLTENACU et al. (1980), apesar de não se saber ao certo como a prenhez influenciaria a produção de leite, acredita-se que os responsáveis por esta ocorrência sejam o controle hormonal da secreção de leite e a partição de nutrientes para as várias funções biológicas. Ao se considerar o controle de secreção de leite, acredita-se que os baixos níveis de estrógeno e os contínuos aumentos de progesterona associados à prenhez podem inibir a produção de leite pela diminuição da sensibilidade do tecido mamário à prolactina ou pela perda de certas enzimas necessárias para o processo de secreção de leite. Outras possibilidades podem ser o declínio de insulina e o aumento dos níveis do hormônio do crescimento, o que provocaria desvios de glicose e energia, disponíveis na glândula mamária para a síntese do leite, para o crescimento fetal. De qualquer modo, o efeito inibitório da prenhez sobre a produção de leite parece ser mínimo nos primeiros 120 dias de gestação, o que torna a utilização da produção de leite em até 200 dias como a mais indicada característica em estudos desta natureza.

Vários autores, como KRAGELUND et al. (1979), expressaram preocupação em relação às conclusões de alguns trabalhos referentes à importância da provável incompatibilidade entre produção de leite e medidas de eficiência reprodutiva, em que se enfocaram mais as herdabilidades de tais medidas do que as possíveis respostas correlacionadas à seleção direta para produção de leite. No presente estudo, as respostas correlacionadas sobre a idade ao primeiro parto e o primeiro intervalo de partos, decorrente da seleção praticada sobre a produção de leite, seriam respectiva e aproximadamente de - 0,4 ou + 9,1 (o sinal negativo indica sentido favorável) vezes a intensidade de seleção para produção de leite. Quanto à eficiência da seleção direta para idade ao primeiro parto e primeiro intervalo de partos em relação à seleção indireta para produção de leite, verificou-se que, para uma mesma intensidade seletiva, a seleção indireta para menor idade ao primeiro parto, com a

seleção para produção de leite, seria mais eficiente que a seleção direta para idade ao primeiro parto. No caso do intervalo de partos, pelo fato da correlação genética com a produção de leite ser antagônica e a diferença entre as estimativas de herdabilidade não ser elevada, parece ser importante monitorar o intervalo de partos quando a ênfase da seleção for a produção de leite. Pode-se verificar ainda que, para cada aumento de 237 kg na produção de leite na primeira lactação, haveria aumento de 9,4 dias no primeiro intervalo de partos.

Conclusões

A estimativa de herdabilidade da idade ao primeiro parto sugere a existência de pequena variação genética aditiva, indicando que a resposta à seleção para sua redução seria lenta.

A estimativa de herdabilidade do intervalo de partos sugere que redução mais rápida nesta medida pode ser obtida pelo aperfeiçoamento de técnicas de manejo.

A correção para o efeito do período seco precedente parece ser necessária na estimação de herdabilidades da produção de leite, pois seu efeito é, aparentemente, ambiente.

Tendo em vista que a correlação genética encontrada entre produção de leite e idade ao primeiro parto sugere que a seleção para maior produção de leite pode resultar em diminuição da idade ao primeiro parto, parece provável que filhas de touros com alto valor genético para a produção de leite apresentem crescimento mais acelerado ou maturidade fisiológica a idades mais precoces.

Existem possíveis reflexos indesejáveis na eficiência reprodutiva, resultante de resposta correlacionada à seleção para produção de leite.

Referências Bibliográficas

- ARORA, D.N., SHARMA, J.S. Factors affecting some of the economic traits in Holstein-Friesian cattle. *Ind. Vet. J.*, v.60, n.10, p.820-823, 1983.
- BADINGA, L., COLLIER, R.J., WILCOX, C.J. et al. Interrelationships of milk yield, body weight, and reproductive performance. *J. Dairy Sci.*, v.68, n.7, p.1828-1831, 1985.
- BAGNATO, A., OLTENACU, P.A. Phenotypic evaluation of fertility traits and their association with milk production of Italian Friesian cattle. *J. Dairy Sci.*, v.77, n.3, p.874-882, 1994.
- BARBOSA, S.B.P., MILAGRES, J.C., REGAZZI, A.J. et al. Estudo da produção de leite em rebanhos holandeses, no Estado de Pernambuco. *R. Soc. Bras. Zootec.*, v.23, n.3, p.422-432, 1994.
- BARNES, M.A., PEARSON, R.E., LUKES-WILSON, A.J. Effects of milking frequency and selection for milk yield on productive efficiency of Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, v.73, n.6, p.1603-1611, 1990.
- BATRA, T.R., LEE, A.J., McALLISTER, A.J. Relationships of reproduction traits, body weight and milk yield in dairy cattle. *Can. J. Anim. Sci.*, v.66, p.53-65, 1986.
- BOLDMAN, K., KRIESE, L.A., VAN VLECK, L.D. et al. A manual for use of MTDFREML - A set of programs to obtain estimates of variance and covariances. USDA-ARS, 1993.
- BONCZECK, R.R., RICHARDSON, D.O., MOORE, E.D. et al. Correlated response in reproduction accompanying selection for milk yields in Jerseys. *J. Dairy Sci.*, v.75, n.4, p.1154-1160, 1992.
- BROTHERSTONE, S. A note on the value and methods of correcting milk records for calving interval or days dry. *Anim. Prod.*, v.44, n.2, p.322-325, 1987.
- CAMPOS, M.S., WILCOX, C.J., BECERRIL, C.M., DIZ, A. Genetic parameters for yield and reproductive traits of Holsteins and Jersey cattle in Florida. *J. Dairy Sci.*, v.77, n.3, p.867-873, 1994.
- COSTA C.N., MILAGRES, J.C., GARCIA, J.A. et al. Fatores genéticos e de meio na eficiência reprodutiva de um rebanho holandês. *R. Soc. Bras. Zootec.*, v.11, n.1, p.86-102, 1982.
- DONG, M.C., VAN VLECK, L.D. Estimates of genetic and environmental (co)variances for first lactation milk yield, survival, and calving interval. *J. Dairy Sci.*, v.72, n.3, p.678-684, 1989a.
- DONG, M.C., VAN VLECK, L.D. Correlations Among First and Second Lactation Milk Yield and Calving Interval. *J. Dairy Sci.*, v.72, n.7, p.1933-1936, 1989b.
- ELER, J.P. *Utilização de modelos animais univariado e multivariado na avaliação genética de bovinos da raça Nelore*. Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - USP, 1994. 112 p. (Tese de Livre-Docência).
- EVERETT, R.W., ARMSTRONG, D.V., BOYD, L.J. Genetic relationship between production and breeding efficiency. *J. Dairy Sci.*, v.49, n.3, p.879-886, 1966.
- FALCONER, D. S. *Introduction to quantitative genetics*. 3.ed. New York: Longman Group, 1989, 437p.
- GONZALES, A. *Relationships of milk yield and season of calving with ovarian cyclicity of Holstein and Jersey cows*. College Station: Texas A&M University, 1984. 120p. (Thesis-Master).
- GRASER, A.U., SMITH, S.P., TIER, B. A derivative-free approach for estimating variance components in animal models by restricted maximum likelihood. *J. Anim. Sci.*, v.64, p.1362-1370, 1987.
- HAGEMAN II, W.H., SHOOK, G.E., TYLER, W.S. Reproductive performance in genetic lines selected for high or average milk yield. *J. Dairy Sci.*, v.74, n.12, p.4366-437, 1991.
- HANSEN, L.B. Genetic relationship of yield and fertility in dairy cattle. Ames: Iowa State University, 1981. 141 p. (Thesis - Doctor).
- HANSEN, L.B., FREEMAN, A.E., BERGER, P.J. Association of heifer fertility with cow fertility and yield in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v. 66, n. 2, p. 306-314, 1983a.
- HANSEN, L.B., FREEMAN, A.E., BERGER, P.J. Yield and fertility relationships in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v. 66, n. 2, p. 293-305, 1983b.
- KAFIDI, N., LEROY, P., MICHAUX, C., FRANÇOIS, A. Relationship between milk production and current calving interval in Belgian Black and White breed. *J. Anim. Breed. Genet.*, v.109, n.2, p.136-143, 1992.
- KHATTAB, A.S., ASHMAWY, A.A. Relationships of days open and days dry with milk production in Friesian cattle in Egypt. *J. Anim. Breed. Genet.*, v.105, n.4, p.300-305, 1988.
- KOOTS, K.R., GIBSON, J.P., SMITH, C., et al. Analyses of published genetic parameters estimates for beef production traits. I. Heritability. *Anim. Breed. Abstr.*, v.62, n.5, p.309-338, 1994.

- KRAGELUND, K., HILLEL, J., KALAY, D. Genetic and phenotypic relationship between reproduction and milk production. *J. Dairy Sci.*, v.62, n.3, p.468-474, 1979.
- MÄNTYSSARY, E., VAN VLECK, L.D. Estimation of genetic parameters for production and reproduction in Finnish Ayrshire cattle. *J. Dairy Sci.*, v.72, n.9, p.2375-2386, 1989.
- MARTI, C.F., FUNK, D.A. Relationship between production and days open at different levels of herd production. *J. Dairy Sci.*, v.77, n.6, p.1682-1690, 1994.
- MIRANDA, R.M. Estimativas de parâmetros genéticos de gado leiteiro no Brasil. *Pesq. Agrop. Bras.*, v.23, n.3, p.317-328, 1988.
- MOORE, R.K., KENNEDY, B.W., SCHAEFFER, L.R. et al. Relationships between reproduction traits, age and body weight at calving, and days dry in first lactation Ayrshires and Holsteins. *J. Dairy Sci.*, v.73, n.3, p.835-842, 1990.
- OLTENACU, P.A., ROUNSAVILLE, T.R., MILLIGAN, R.A. et al. Relationship between days open and cumulative milk yield at various intervals from parturition for high and low producing cows. *J. Dairy Sci.*, v.63, n.8, p.1317-1327, 1980.
- PATTERSON, H.D., THOMPSON, R. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. *Biometrika*, v.58, p.545-554, 1971.
- PEREIRA, J.C.C. *Estudo da relação entre características produtivas e reprodutivas de um rebanho bovino nativo da raça Caracú*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária - UFMG, 1993. 128 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Belo Horizonte, 1993.
- POLASTRE, R. Antagonismos genéticos entre características de produção de leite e reprodução em bovinos. *R. Bras. Reprod. Anim.*, n.3 (supp), p.189-199, 1991.
- POLASTRE, R., RAMOS, A.A., DOMINGUES, C.A.C. Relacionamento entre produção de leite e desempenho reprodutivo em vacas Jersey. *R. Soc. Bras. Zootec.*, v.12, n.4, p.589-601, 1983.
- RAHEJA, K.L., BURNSIDE, E.B., SCHAEFFER, L.R. Heifer fertility and its relationship with cow fertility and production traits in Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v. 72, n. 10, p. 2665-2669, 1989a.
- RAHEJA, K.L., BURNSIDE, E.B., SCHAEFFER, L.R. Relationship between fertility and production in Holstein dairy cattle in different lactations. *J. Dairy Sci.*, v. 72, n. 10, p. 2670-1678, 1989b.
- REGE, J.E.O. Genetic analysis of Reproductive and Productive performance of Friesian Cattle in Kenya. I. Genetic and phenotypic parameters. *J. Anim. Breed. Genet.*, v.108, n.6, p.412-423, 1991.
- RIBAS, N.P. *Fatores de meio e genéticos em características produtivas e reprodutivas de rebanhos holandeses da Bacia Leiteira de Castrolândia, Estado do Paraná*. UFV, Viçosa, MG, 1981. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1981.
- RORATO, P.R.N., LÔBO, R.B., DUARTE, F.A.M. et al. Estimates of phenotypic and genetic parameters for production traits in Holstein cows in Brazil. *R. Bras. Genet.*, v.9, n.2, p.261-269, 1986.
- SADEK, M.H., FREEMAN, A.E. Adjustment for previous and present days open considering all lactations. *J. Dairy Sci.*, v. 75, n. 1, p. 279-287, 1992.
- SAS. SAS User's guide: basic and statistics. SAS® INST. INC., Cary, NC, 1985.
- SEYKORA, A.J., McDANIEL, B.T. Heritabilities and correlations of lactation yields and fertility for Holsteins. *J. Dairy Sci.*, v.66, n.7, p.1486-1493, 1983.
- SHANKS, R.D., BERGER, P.J., FREEMAN, A.E. et al. Genetic and phenotypic relations of milk production and postpartum length with health and lactation curve traits by lactation. *J. Dairy Sci.*, v.65, n.2, p.1612-1623, 1982.
- SHORT, T.H., BLAKE, R.W., QUAAS, R.L. et al. Heterogeneous within-herd variance. 2. Genetic relationship between milk yield and calving interval in grade Holsteins cows. *J. Dairy Sci.*, v. 73, n. 11, p. 3321-3329, 1990.
- SMITH, S.P., GRASER, H.V. Estimating variance components in a class of mixed models by restricted maximum likelihood. *J. Dairy Sci.*, v.69, n.4, p.1156-1165, 1986.
- SUZUKI, M., VAN VLECK, L.D. Heritability and repeatability for milk production traits of Japanese Holsteins from an animal model. *J. Dairy Sci.*, v.77, n.2, p.583-588, 1994.
- SWALVE, H.H., TOPF, C., LANGHOLZ, H.J. Estimation of genetic parameters for differently recorded fertility data in dairy cattle. *J. Anim. Breed. Genet.*, v.109, n. 4, p.241-251, 1992.
- VAN DAM, B.P., BARTLETT, P.C., KIRK, J.H. et al. The effect of age at calving on reproduction, milk production and disease incidence in the first lactation of dairy heifers. *Theriogenology*, v.30, n.3, p.583-591, 1988.
- WEITZE, K. F. Fruchtbarkeit von Zebu-Fleischrindern im tropischen Brasilien. *Dtsch. Tierärztl. Wochensch.*, v.91, n.11, p.409-14, 1984.
- WINKLER, R. *Tamanho corporal e suas relações com algumas características reprodutivas em fêmeas bovinas adultas da raça Guzerá*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária - UFMG, 1993. 116 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 1993.
- WOOD, P.D.P., FRAPPEL, J.P. A note on the relationship between milk yield and reproductive performance in some British Friesian sire progeny groups. *Anim. Prod.*, v.34, n.2, p.239-241, 1982.

Recebido em 04/12/97

Aceito em 28/04/98