

LUCIANA SALLES DE FREITAS

**AVALIAÇÃO DA PERSISTÊNCIA NA LACTAÇÃO DE VACAS GUZERÁ
UTILIZANDO MODELOS DE REGRESSÃO ALEATÓRIA**

Dissertação apresentada à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Genética e Melhoramento Animal

Orientador: Martinho de Almeida e Silva

Co-orientador: Rui da Silva Verneque

Belo Horizonte
UFMG- Escola de Veterinária
2008

Dissertação defendida e aprovada, no dia 08 de fevereiro de 2008 pela Comissão Examinadora composta por:

Prof. Martinho de Almeida e Silva
(Orientador)

Prof. Jonas Carlos Campos Pereira

Dra. Maria Gabriela Campolina Diniz peixoto

*“O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada.
Caminhando e semeando no fim terá o que colher.”*

Cora Coralina

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”

Cora Coralina

DEDICO

Aos meus pais e meus irmãos por serem exemplo e apoio para esta conquista.
Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Eduardo e Angélica, pessoas que me deram o exemplo, o apoio e todo o incentivo para chegar até aqui.

Aos meus irmãos, Daniel e Alexandre, pelo amor e amizade que sempre demonstram.

Ao professor Martinho pelos ensinamentos e orientação.

Ao Rui pela co-orientação e confiança.

À Universidade federal de Minas Gerais e à Escola de Veterinária pela oportunidade de realizar este trabalho

À Embrapa Gado de Leite pela acolhida e cessão dos dados para este estudo, em especial à Gerusa pelo exemplo de pessoa e pesquisadora e ao Bruno que participou da evolução de todas as análises, sempre disposto a me ajudar.

À Capes pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Seu João e a casa que se tornaram minha família em Belo Horizonte.

Aos amigos de pós-graduação, Leonília, Leonardo, Cecília, Gal, Vivian, Rafael, Isabel e Ricardo que fizeram que momentos difíceis fossem superados com menor desgaste. Em especial à Gerusa pelo exemplo de pessoa e pesquisadora e ao Bruno que participou da evolução de todas as análises, sempre disposto a me ajudar.

Aos amigos que carregam no coração e que nem sempre presentes serão sempre parte de cada conquista: Leandro, Ana Maria, Felipe, Carol, Renata, Vanessa, Mariana Queiroga, Arilson.

À toda minha família que vibra com etapas vencidas em minha vida, em especial ao Mateus que participa de coração em todos os momentos.

Aos professores da Escola de Veterinária que fizeram parte do meu aprendizado. Ao professor Jonas pelas sugestões.

Ao Dr. Jaime Cobuci pelo auxílio e sugestões sempre que eram necessárias, e pela disponibilidade em qualquer momento.

Ao Dr. Marcelo Freitas por apresentar o programa REMLF90 que foi essencial para este trabalho.

À Heloisa do colegiado, pela paciência e disposição em ajudar sempre.

Ao Daniel pelo apoio e compreensão.

À todos que estiveram presentes em minha vida me apoiando para que fizesse este trabalho.

À Deus por ter me dado a possibilidade de chegar até aqui e por ter colocado em meu caminho pessoas especiais.

SUMÁRIO

	RESUMO.....	15
	ABSTRACT.....	16
1	INTRODUÇÃO.....	17
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	Produção de leite no dia do controle.....	17
2.2	Modelos de ajuste para produção de leite no dia do controle nas avaliações genéticas.....	19
2.2.1	Modelos de repetibilidade.....	20
2.2.2	Modelos multi-característica.....	20
2.2.3	Modelos de regressão aleatória.....	21
2.3	Persistência na Lactação.....	22
2.3.1	Ganhos econômicos.....	22
2.3.2	Envolvimento com características produtivas.....	23
2.3.3	Principais fatores que influenciam a persistência.....	24
2.3.4	Outros fatores.....	24
2.3.5	Parâmetros genéticos.....	25
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1	Modelos.....	26
3.2	Comparação dos modelos.....	28
3.3	Recursos computacionais.....	28
3.4	Estimação de variâncias e covariâncias.....	29
3.5	Parâmetros genéticos.....	29
3.6	Persistência na lactação.....	30
3.7	Verificação do valor genético.....	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1	Efeitos fixos.....	32
4.2	Avaliação dos controles.....	32
4.3	Persistência.....	38
4.4	Persistência na lactação e produção de leite.....	39
4.5	Seleção dos animais.....	41
5	CONCLUSÕES.....	42
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Distribuição dos dados de acordo com rebanhos utilizados no estudo.....	26
Tabela 2 -	Número de controles por classe de idade da vaca ao parto e estação do parto.....	26
Tabela 3 -	Número de parâmetros estimados (NP), valor de $-2\log$ da função de verossimilhança ($-2\log L$) e critério de informação Akaike (AIC) para os diferentes modelos de regressão aleatória.....	31
Tabela 4 -	Média de produção de leite, número de registro por controle e a representação percentual do controle determinado no total de observações.....	33
Tabela 5 -	Componentes de (co)variância (diagonal e acima da diagonal), correlações (abaixo da diagonal) atribuídos aos coeficientes de	

	regressão, variâncias residuais e autovalores das matrizes de covariâncias dos efeitos genético aditivo direto e permanente de ambiente estimados de acordo com a função de Ali e Schaeffer.....	33
Tabela 6 -	Componentes de (co)variância (diagonal e acima da diagonal), correlações (abaixo da diagonal) atribuídos aos coeficientes de regressão, variâncias residuais e autovalores das matrizes de covariâncias dos efeitos genético aditivo direto e permanente de ambiente estimados de acordo com polinômio de Legendre.....	34
Tabela 7 -	Estimativas de variâncias genéticas e ambientais para produção de leite do 6° ao 305° dia de lactação.....	34
Tabela 8 -	Estimativas de herdabilidades para cada controle segundo a função de Ali Schaeffer e Polinômio de Legendre.....	36
Tabela 9 -	Correlações genéticas entre os períodos de lactação selecionados, para a função de Ali e Schaeffer (acima da diagonal) e para polinômio de Legendre (abaixo da diagonal).....	37
Tabela 10 -	Correlações de ambiente entre os períodos de lactação selecionados, para a função de Ali e Schaeffer (acima da diagonal) e para Polinômio de Legendre (abaixo da diagonal).....	38
Tabela 11 -	Estimativas de herdabilidades para as seis medidas de persistência na lactação, para cada função utilizada.....	38
Tabela 12 -	Correlações genéticas e de ambiente para Função de Ali e Schaeffer (acima da diagonal) e polinômio de Legendre (abaixo da diagonal) entre as medidas de persistência na lactação	39
Tabela 13 -	Correlação genética entre as medidas de persistência na lactação e a produção de leite nos dias determinados da lactação, para função de Ali e Schaeffer e para polinômio de Legendre.....	39
Tabela 14 -	Correlações de ambiente entre as medidas de persistência na lactação e a produção de leite nos dias determinados da lactação, para função de Ali e Schaeffer e para polinômio de Legendre.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Curvas de lactação de uma vaca com menor (-) e maior persistência na lactação (-).....	22
Figura 2 -	Representação de cinco dos dez efeitos fixos para Ali e Schaeffer (à esquerda) e Polinômio de Legendre (à direita).....	32
Figura 3 -	Variâncias genética e ambiental nos diferentes períodos de lactação, estimadas pelo modelo de regressão aleatória.....	35
Figura 4 -	Estruturas de covariância (kg ²) dos efeitos genético aditivo direto para a função de Ali e Schaeffer (superior esquerdo) e para Polinômio de Legendre (superior direito), dos efeitos de ambiente permanente para Ali e Schaeffer (inferior esquerdo) e Polinômio de Legendre (inferior direito).....	36

Figura 5 –	Herdabilidade estimada para produção de leite ao longo da lactação, utilizando a função de Ali e Schaeffer e Polinômio de Legendre.....	37
Figura 6 –	Porcentagem de vacas em comum, selecionadas para as seis medidas persistência na lactação e para produção de leite aos 305 dias.....	41
Figura 7 –	Porcentagem de touros em comum, selecionadas para as seis medidas persistência na lactação e para produção de leite aos 305 dias.....	41

RESUMO

Foram consideradas 8276 observações de produções no dia do controle, entre o 6° e o 305° dias de 1021 primeiras lactações de vacas Guzerá de cinco diferentes rebanhos. O objetivo foi estimar os parâmetros genéticos para persistência na lactação e produção de leite no dia do controle. Os componentes de (co)variância dos coeficientes de regressão aleatória foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita no programa REMLF90 por meio de duas diferentes funções (Ali e Schaeffer e, polinômio de Legendre). Os modelos incluíram os efeitos de grupo contemporâneo, classes de idades da vaca na época de parto, genético aditivo direto, de ambiente permanente e, efeito residual (que foi considerada constante). A comparação para verificar o modelo de melhor ajuste foi realizada pela função de verossimilhança ($-2\ln L$) e o Critério de Informação de Akaike (AIC). A função de Ali e Schaeffer foi a que melhor se ajustou, mas apresentou problemas de convergência. As herdabilidades para os controles do 6° ao 305° dias variaram de 0,19 a 0,40 para a função de Ali e Schaeffer e de 0,19 a 0,46 para o polinômio de Legendre. As correlações entre as produções de leite nos controles tenderam a diminuir com o aumento dos dias entre cada observação, e atingiram valores bem altos entre controles sucessivos. Os valores das estimativas de herdabilidade para as seis medidas de persistência na lactação variaram de 0,20 a 0,42 para a função Ali e Schaeffer e de 0,20 a 0,39 para o polinômio de Legendre. As correlações entre as medidas de persistência e a produção de leite em 305 dias foram baixas para os dois modelos, indicando a possibilidade de se alterar o formato da curva de lactação sem alterar a produção de leite total.

Palavras-chave: dia do controle, função de covariância, parâmetros genéticos, produção de leite.

ABSTRACT

A total of 8,276 records from milk productions in test-day, between 6th and 305th days of lactation, had been considered of 1,021 first lactations Guzerát cows in five different herd. The aim of this work was to define the genetic parameters for persistency in the lactation and milk production in the test-day. The (co)variance components of the random regression coefficients had been esteem by the maximum restricted probability method in the software REMLF90, using two different functions (Ali and Schaeffer and Legendre polynomials). The models had included the contemporary group effect, cow class ages at calving, direct additive genetic, permanent environment and residual effect (that it was considered constant). The comparison to verify the better model adjustment was carried through the likelihood function ($-2\ln L$) and the Akaike Information Criterion (AIC). The function of Ali and Schaeffer were the one that better adjusted, but it showed convergence problems. The heritability for test day between 6th to 305th days varied from 0.19 to 0.40 for the function of Ali and Schaeffer and from 0.19 to 0.46 for the polynomial of Legendre. The correlations between milk production records tended to decrease with the increase of the days between each test-day, and reached high values between successive controls. The heritability estimate values for six persistence in lactation measures had varied from 0.20 to 0.42 for the function of Ali and Schaeffer and from 0.20 to 0.39 for the polynomial of Legendre. The correlations between the measures of persistence and milk production, in 305 days, had been low for the two models, denoting the possibility of modification in the shape of lactation curve without modifying the total milk production.

Key-works: *Covariance functions, genetic parameters, milk production, test day.*

1 - INTRODUÇÃO

O uso de animais de raças adaptadas às condições de clima e de manejo nos sistemas de produção de leite pode propiciar redução expressiva nos custos de produção e aumento da rentabilidade. A raça Guzerá, introduzida no Brasil no final do século XIX, tem sido, até então, a principal raça de dupla aptidão explorada no país, pela grande capacidade de crescimento e ganho de peso, além do potencial para produção de leite e resistência aos ecto e endoparasitas (Winkler e Penna, 1992).

As avaliações genéticas para produção de leite realizadas no país baseiam-se na produção de leite acumulada por um período padrão de 305 dias. Este cálculo, geralmente é realizado por meio da projeção da curva a partir de controles leiteiros mensais. Como alternativa às estimativas feitas para as avaliações genéticas, surgiram metodologias que permitiram a utilização da produção no dia do controle.

Análises baseadas na produção no dia do controle permitem definir de forma precisa os grupos contemporâneos e os efeitos ambientais atuantes em cada um, além de ajustar melhor as curvas de lactação com duração inferior a 305 dias (Swalve, 1995).

Segundo Jensen (2001), este tipo de medida permite avaliações mais frequentes de cada animal, o que diminui o intervalo de gerações por possibilitar a utilização de lactações incompletas, além de aumentar o número de observações do mesmo indivíduo permitindo, assim, obter maior acurácia na estimativa do valor genético.

Além disso, ao se projetar uma curva de lactação, vacas que apresentam maiores persistências na lactação têm a produção de leite total subestimada e as com menores taxas de persistência têm produções superestimadas. Isto pode causar problemas

nas avaliações genéticas dos animais que se destinam a reprodutores (Jamrozik e Schaeffer, 1997).

A persistência na lactação é a capacidade da vaca manter o nível de produção de leite após atingir o pico de lactação e está relacionada à redução dos custos de produção, pois direciona o manejo alimentar, diminui gastos com a saúde dos animais, aumenta a eficiência reprodutiva do rebanho e prevê a produção total aos 305 dias (Dekkers et al., 1998). Como há indicativos da variabilidade genética para esta característica, a seleção tendo como base a persistência na lactação pode trazer ganhos econômicos pela redução de custos e na produção adicional de leite (Jamrozik et al. 1997b).

A produção no dia do controle é uma característica que se repete várias vezes durante a produção e a vida produtiva do animal, sendo considerada como dado longitudinal. Os modelos de regressão aleatória são a alternativa que melhor se ajusta a estes dados e permitem prever os valores genéticos para a curva como um todo, além de melhorar a acurácia das avaliações e possibilitar avaliar a persistência na lactação.

Os objetivos deste trabalho são avaliar a curva de lactação de vacas Guzerá, a partir de produções no dia do controle, mediante uso de modelo de regressão aleatória, visando maior precisão nas estimativas de valor genético dos animais, e estudar a viabilidade da utilização da persistência na lactação como característica a ser incluída nas avaliações genéticas para a raça.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Produção de leite no dia do controle

No Brasil as avaliações genéticas utilizam como característica-padrão a produção de

leite em 305 dias de lactação (P305). Pesa-se o leite mensalmente, obtém-se o acumulado do mês, e estima-se a produção total. Com isso, alguns animais que ainda não tiveram a lactação encerrada têm sua lactação projetada, o que pode favorecer ou prejudicar a avaliação desses animais, dependendo do resultado da projeção, se foi para mais ou para menos da produção efetiva.

Essa projeção é realizada em virtude da falta de recursos computacionais. No entanto, vários países, com a pecuária leiteira mais desenvolvida, já adotaram a produção de leite no dia do controle para estudar a curva de lactação e os fatores que a afetam.

A produção de leite no dia do controle (PLDC) é definida como a produção diária de uma vaca, ordenhada no intervalo de 24 horas (Swalve, 1995), podendo ser em duas ou três ordenhas dependendo do manejo do produtor.

Os controles são, em média, realizados a intervalos de 30 dias. Swalve (1995) cita registros com variação de uma a nove semanas de intervalo dos controles, descritos pelo International Agreement of Recording Practices (ICAR, 1994).

Olori et al. (1999) trabalharam com 488 vacas Holandesas que pariram entre 1990 e 1994 e determinaram intervalos semanais entre os controles, considerando animais com, no mínimo, quatro e, no máximo 40 semanas de lactação.

No Brasil, Ferreira et al. (2003), ao avaliarem 153963 controles mensais, provenientes de 13273 vacas da raça Holandesa de primeira lactação, estabeleceram média de 30 dias de intervalo dos controles. Para evitar a eliminação de algum dado, consideraram atraso de até 15 dias nas pesagens mensais; sendo o primeiro controle de 4 a 45 dias de lactação, segundo

de 30 a 75 dias, terceiro de 60 a 105 dias e assim sucessivamente. Se houvesse dois controles no mesmo período, o segundo era considerado do período seguinte se estivesse dentro dos dias possíveis; do contrário, um dos controles era eliminado de forma aleatória.

Já El Faro e Albuquerque (2003), ao estudarem 2155 primeiras lactações de vacas da raça Caracu, registraram controles semanais, e aos 305 dias truncaram as lactações e dividiram-nas em 43 períodos, considerando o primeiro controle entre o 5º e o 11º dias de lactação, o último entre 299º e o 305º dias.

Ao se utilizar a PLDC, podem-se incluir, no modelo de análise estatística, os efeitos associados a cada dia do controle de produção. Ptak e Schaeffer (1993) compararam modelos utilizando efeito de rebanho, ano e estação do controle (sendo duas ao ano), com o efeito do rebanho, ano e data do controle, ou seja, um efeito diferente associado a cada controle da mesma vaca, os autores obtiveram a menor variância residual para o modelo que incluía o efeito da data do controle demonstrando que houve melhor eliminação das variações ambientais ocorridas no período.

A substituição da estação do controle pela data do controle possibilita, portanto, melhor comparação entre animais com produções no mesmo período, eliminando efeitos do ambiente na data do controle (Swalve, 1995).

Idade da vaca ao controle foi uma forma de avaliação sugerida por Meyer et al. (1989), mas Stanton et al. (1992), ao compararem modelos com idade da vaca ao parto a modelos que continham idade da vaca ao controle, concluíram que seria mais vantajoso incluir idade da vaca ao parto por necessitar de cálculos apenas uma vez, e por explicar a maioria das variações na PLDC.

A fim de aumentar a precisão dos modelos de avaliação dos animais, todos os fatos ocorridos no rebanho devem ser registrados, permitindo a exclusão de efeitos de ambiente que podem influenciar cada controle (Ferreira et al., 2002).

Diversos autores têm estudado as herdabilidades e correlações genéticas e fenotípicas entre os controles mensais e produção acumulada ao longo da lactação, observando que as herdabilidades estimadas aumentaram com o avanço dos dias em lactação (Van Vleck e Henderson, 1961; Kettunen et al., 2000; Ferreira et al., 2003).

Ao utilizar 6310 primeiras lactações de vacas Ayrshire, Kettunen et al. (2000), estimaram, mediante função de covariância, herdabilidades para controles intervalados de 20 dias e verificaram que as herdabilidades aumentaram ao longo dos meses, até o sexto controle, quando atingiu 0,28 e se manteve inalterada no sétimo; com decréscimo a partir deste até 0,26 no décimo. Assim, a seleção com base no sexto e sétimo controles levaria ao progresso genético semelhante ou maior do que o obtido pela seleção que utiliza lactações completas.

Ferreira et al. (2003), ao estudarem 13273 lactações de vacas Holandesas, obtiveram herdabilidade de 0,11 para o primeiro controle e atingindo 0,20 no quinto controle, tendo pequena queda no sexto e sétimo, alcançando 0,21 no oitavo, diminuindo novamente no nono e décimo. Os autores explicaram que a menor variação ocorrida no meio da lactação é atribuída à influência mais expressiva do meio ambiente no início e no final da lactação, sendo que as produções do meio da lactação são mais influenciadas pelas diferenças genéticas existentes entre as vacas.

Além disso, Melo et al. (2005) encontraram aumento da variância genética aditiva até a

fase intermediária da lactação, o que resulta em maiores herdabilidades no mesmo período por diminuição proporcional da variância residual.

As correlações genéticas entre a produção de leite em cada controle e a produção aos 305 dias foram, de modo geral, altas. Ferreira et al. (2003), relataram variação de 0,76 a 1,00, sendo que o menor valor foi para o primeiro controle e as maiores estimativas foram para o 5º e 6º controles. Já Melo et al. (2005) encontraram o terceiro controle com maior correlação com a produção no 305º dia, mas o menor valor para correlação encontrado foi de 0,86. Assim, pode-se obter ganho genético para produção aos 305 dias, por intermédio da seleção indireta com base nos controles que apresentam maior correlação com esta característica.

Já as correlações genéticas entre os controles tenderam a ser maior entre controles sucessivos, diminuindo a medida que o intervalo dos controles aumentava (Jamrozik e Schaeffer, 1997; Jakobsen et al., 2002; El Faro e Albuquerque, 2003; e Melo et al., 2005).

As variações encontradas na literatura para herdabilidades da produção de leite no dia dos controles e correlações entre estes, sugerem que a utilização dos controles nas avaliações genéticas poderia resultar em maior acurácia, pelo aumento do número de observações por indivíduo. Como os modelos tradicionais apresentam restrições em considerar estas variações, ou em utilizar todas elas, os modelos de regressão aleatória podem constituir-se em promissora alternativa no ajuste destas produções ao formato da curva de lactação (kettunen et al., 2000; e Jakobsen et al., 2002).

2.2 - Modelos de ajuste para produção de leite no dia do controle nas avaliações genéticas

Características que apresentam observações que podem ser medidas ao longo da vida do animal são classificadas como características longitudinais. A produção de leite por considerar cada dia de produção em uma lactação como uma observação diferente para a mesma característica em um mesmo animal, constitui-se uma característica longitudinal. Alterações fisiológicas entre as diferentes observações podem ser atribuídas à ação de diferentes genes ao longo do tempo (Schaeffer, 2004).

Diferentes modelos têm sido avaliados para se ajustar a produção no dia do controle nas avaliações genéticas em gado de leite. No Brasil, estas avaliações se baseiam, de modo geral, na produção acumulada em um período padronizado de 305 dias. Portanto, os controles são utilizados para projetar a curva e estimar a produção de leite acumulada neste período.

O objetivo da utilização da produção no dia do controle nos modelos de avaliação genética é o de obter melhor definição dos grupos contemporâneos, e, com isso, determinar de forma mais precisa os efeitos ambientais que atuam em cada grupo (Swalve, 1995). Além disso, o maior número de observações de um mesmo animal resulta em maior precisão nas estimativas do valor genético deste indivíduo (Jensen, 2001).

Entre os modelos utilizados para estimar componentes de variância e parâmetros genéticos estão os modelos de repetibilidade, modelos uni e multi-característica e o de regressão aleatória.

2.2.1 - Modelos de repetibilidade

A utilização de modelos de repetibilidade é forma simplificada de avaliar as características que são medidas várias vezes ao longo da vida produtiva do animal, em que todas as observações realizadas são consideradas a mesma característica. Assim,

as variâncias genéticas e ambientais são consideradas constantes ao longo de toda a lactação e, as correlações, tanto genéticas como ambientais, entre as produções de uma mesma vaca, iguais a um. Isto indica que efeito genético e ambiental sobre a produção de cada animal avaliado se repete durante toda a lactação.

Ao se avaliar um animal para produção em certo período da lactação ou em lactações sucessivas, pode-se encontrar valor genético alto, mas em outro período menor valor genético, isso porque a mesma característica pode ser determinada por diferentes genes. Com isso, a correlação genética entre a produção em diferentes períodos seria menor do que um. Da mesma forma, efeitos de ambiente permanente podem ocorrer, por exemplo, no final da lactação; assim não influenciariam na produção nos períodos médio e inicial da lactação, apresentando correlações diferentes de um (Schaeffer, 2001).

2.2.2 - Modelos multi-característica

Em análises com modelos multi-características, cada observação de produção da mesma vaca é considerada como característica diferente. Assim, estimam-se variâncias e covariâncias para cada um dos períodos de produção avaliados. Como o modelo considera as variações em cada período, as correlações entre estes podem apresentar valores abaixo de um.

A observação da produção no dia do controle apresenta variações nos dias de lactação entre cada animal, ou seja, uma vaca se encontra com 15 dias de parida e outra com 18. Dessa forma, para se analisar através deste modelo, os dias em lactação devem ser padronizados. O que considera todas as vacas no mesmo número de dias em lactação (Schaeffer, 2001). Além disto, estes modelos permitem avaliação simultânea de outras características ligadas à produção de

leite como, por exemplo, produções de gordura e de proteína no leite no período determinado.

2.2.3 - Modelos de regressão aleatória

Mais recentemente, a utilização de modelos de regressão aleatória tornou-se uma alternativa para avaliação de dados longitudinais. Estes predizem coeficientes de regressão que representam o valor genético de cada animal em função do tempo, diferenciando, portanto, dos demais modelos que predizem o valor genético para período determinado.

Outra vantagem destes modelos em relação aos mais utilizados para dados contínuos é a inclusão de colunas de covariáveis nas matrizes de incidência dos efeitos aleatórios, substituindo colunas de zero e um, o que possibilita descrever estrutura de covariância dos efeitos aleatórios para qualquer ponto no período de lactação considerado.

Ao se utilizarem modelos de regressão aleatória para avaliar a curva de lactação com observações no dia do controle, permite-se a formação de uma curva de valores genéticos para produção de leite para cada animal. O que permitirá selecionar animais com curvas de lactação mais persistentes (Jamrozik e Schaeffer, 1997).

Na análise de regressão aleatória a curva de lactação para efeitos fixos permite avaliar a média de produção das vacas que fazem parte do mesmo grupo para determinado efeito, como por exemplo, idade e época de parto; e uma curva de lactação individual para cada animal, em relação ao seu valor genético, tendo como base as observações e o parentesco entre os animais (Jamrozik et al., 1997b).

Representação matricial de um modelo de regressão aleatória:

$$y = Xb + Z_1a + Z_2p + e; \text{ em que:}$$

y é o vetor de observações, b o vetor de efeitos fixos (com os coeficientes de regressão aleatória para efeitos fixos), a o vetor com coeficientes de regressão aleatórios genéticos aditivos de cada animal, p o vetor com os coeficientes de regressão aleatórios do efeito de ambiente permanente atribuído a cada observação de cada animal, e e o vetor de resíduo. X , Z_1 e Z_2 as matrizes de incidência correspondentes aos vetores com os coeficientes de regressão aleatórios.

A matriz de covariância dos coeficientes de regressão aleatória permite avaliar toda a trajetória da curva, identificando qualquer alteração genética que influencia no formato da curva de lactação por intermédio de análises dos autovalores e autovetores desta matriz (Van der Werf et al., 1998).

Nas análises mediante uso dos modelos de regressão aleatória não há necessidade do número mínimo de observações por animal. Estas análises permitem estimar componentes de covariância entre controles diferentes, incluindo os períodos em que estes não foram tomados, tornando desnecessários os ajustes na produção de leite (Jamrozik e Schaeffer, 1997; Meyer e Hill, 1997; e Schaeffer, 2004).

Estes modelos permitem considerar heterogeneidade de variâncias para o resíduo, ajustando da melhor forma a variação ocorrida no período total. Esta avaliação pode apresentar como desvantagem o grande número de parâmetros a serem estimados, levando ao maior dispêndio de tempo computacional (Schaeffer, 2004; e El Faro e Albuquerque, 2003).

Existe na literatura grande número de comparações de modelos de regressão aleatória para avaliar a produção de leite. A maioria realiza comparações entre funções

utilizadas nas análises (Jamrozik et al., 1997a; Kettunen et al., 2000; e Jakobsen et al.; 2002). As funções mais utilizadas são: função exponencial de Wilmink (Wilmink, 1987), função logarítmica de Ali e Schaeffer (Ali e Schaeffer, 1987) e polinômios Ortogonais de Legendre com diferentes graus, sugeridos por Kirkpatrick et al. (1990). As funções paramétricas (Wilmink e Ali e Schaeffer), descrevem melhor o formato da curva de lactação, mas estimam correlações negativas entre produções de leite nos períodos final e inicial da lactação, o que não ocorre com polinômios de Legendre (Brotherstone et al, 2000). Todos os autores relatados encontraram melhor ajuste para modelos que utilizam o polinômio de Legendre, mas ainda não existe um consenso de qual o grau que melhor se ajustaria às análises de produção de leite, levando-se em conta o dia do controle. Segundo Schaeffer (2004), polinômios ortogonais são os mais apropriados para estimativas de covariâncias em modelos de regressão aleatória, mas ainda é necessário estimar a ordem do polinômio para ser incluído em cada avaliação específica.

2.3 - Persistência na Lactação

A curva de lactação pode ser decomposta em produção inicial, duração da fase ascendente, pico de produção e taxa de declínio. Vários são os fatores responsáveis pela variação na forma da curva de lactação com mudanças no pico de produção e declividade da curva. Em geral, vacas com produções máximas até o pico possuem queda acentuada da produção até o décimo mês (Durães, 1991).

A produção total de leite é função do pico de produção de leite, da persistência na lactação e de duração da lactação, tendo a persistência o principal componente da curva de lactação (Wood, 1969).

A persistência na lactação é definida como a constância na produção de leite durante a lactação e representa a medida na queda de produção, a partir do pico na lactação, que ocorre por volta dos 60 dias pós-parto. A figura 1 mostra diferentes curvas de lactação, sendo uma mais persistente que outra.

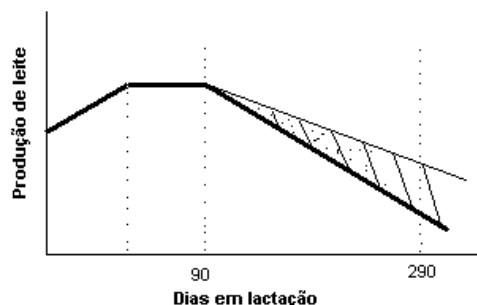


Figura 1 – Curvas de lactação de uma vaca com menor (-) e maior persistência na lactação (-).

De acordo com Cobuci et al. (2004), há quatro métodos de mensuração da persistência na lactação: 1) que se baseia na razão entre produção de leite em diferentes fases da lactação; 2) avalia a variação da produção de leite ao longo da lactação; 3) utilização de parâmetros de modelos matemáticos; e 4) que compara os valores genéticos obtidos por meio de coeficientes aleatórios dos modelos de regressão aleatória.

2.3.1 - Ganhos econômicos:

Além de caracterizar bem a curva de lactação, vacas com alta persistência apresentam maiores produções leiteiras em 305 dias, gerando ganhos econômicos com diminuição dos custos relativos a saúde e alimentação e melhor desempenho reprodutivo (Dekkers et al., 1998).

Quando há avaliação das produções prévias dos animais para que se possa determinar o fornecimento de alimentação, nota-se que vacas que apresentam maior declínio na

produção necessitam de maior suplementação de concentrado para manterem o mesmo nível de produção de vacas que apresentam menor declínio. Além disso, vacas com moderada produção leiteira no período inicial da lactação, associadas à maior persistência, apresentam menores esforços fisiológicos, o que leva ao melhor desempenho reprodutivo e a menores índices de doenças metabólicas, quando comparados aos de vacas de alta produção inicial e rápido declínio (Madsen, 1975).

Dekkers et al. (1996) avaliaram economicamente a persistência na lactação com base no seu impacto sobre o custo de alimentação e sobre os retornos econômicos obtidos da venda do leite, e obtiveram valor econômico para esta característica que corresponde a 5 % da produção total de leite. Em intervalo de partos médio de 13 meses, o valor econômico triplica. Este valor poderia ainda ser aumentado se fossem considerados, além dos custos com alimentação e diferencial de produção, os custos com saúde e reprodução (Dekkers et al., 1998).

Cobuci et al. (2004) relatam que ainda existe problema para expressar a curva de lactação em um único termo, mas que diversos pesquisadores têm buscado a melhor maneira de representá-la. Segundo Sölkner & Fuchs (1987), citados por Cobuci et al. (2004), há indicativos da existência de diferenças genéticas para persistência na lactação entre animais, o que a torna um bom padrão de expressão da curva.

2.3.2 - Envolvimento com características produtivas:

A persistência na lactação esta relacionada à diferentes fatores da produção leiteira. Segundo Gengler (1996), a produção total de leite é medida pela área abaixo da curva de lactação, que tem sua forma influenciada principalmente pela persistência na lactação.

Além disso, em novilhas Holandesas, há correlação genética positiva entre produção no pico da lactação e produção aos 308 dias, mas a produção até o pico se relaciona negativamente à persistência na lactação, sugerindo que novilhas com alta produção inicial de leite tendem a apresentar curva menos persistente (Batra et al. 1987).

Vacas com duração da lactação mais curta apresentam pico de produção que ocorre rapidamente, e forte declínio após o pico, resultando em baixa persistência na lactação e em menores produções leiteiras (Durães et al. 1991).

Curvas de lactação com maiores persistências podem influenciar, de forma positiva, a longevidade dos animais e adiar o período de tempo médio para o descarte voluntário destes animais (Dekkers et al., 1996); qualificando-as como produtoras mais eficientes, com retorno econômico regular ao longo de toda sua vida útil.

A persistência na lactação pode ser considerada fator de adaptabilidade das vacas aos estresses causados pela lactação, de acordo com Bar-Anan e Ron (1985) que, ao trabalharem com relação entre persistência e desempenho reprodutivo, perceberam que vacas com altas produções no pico da lactação e grande variação na produção leiteira tiveram diminuição nas taxas de concepção durante o período de inseminação artificial.

Jakobsen (2000), citado por Jensen (2001), investigou a existência de relação genética entre persistência na lactação e resistência a doenças em vacas Holandesas, considerada por meio do número total de intervenções veterinárias, correlações que variaram de 0,20 a 0,50. Grossman et al. (1986) mostraram que o formato da curva de lactação das mães se repetia nas filhas o que sugere o envolvimento genético em sua expressão.

Em novilhas Holandesas, Ferris et al. (1985), ao pesquisarem formas de seleção para curva de lactação e produção leiteira, encontraram correlação positiva entre produção aos 305 dias e persistência.

2.3.3 - Principais fatores que influenciam a persistência:

Na maioria dos trabalhos de pesquisa, os fatores ambientais mais comumente estudados que influenciam sobre a produção de leite e, conseqüentemente, alteram o formato da curva de lactação são os seguintes:

1) Ano do parto: fator que se relaciona diretamente às alterações climáticas que influenciam a disponibilidade e qualidade da alimentação oferecida, variações de manejo e sanidade dos animais (Queiroz et al., 1991). Em avaliação da curva de lactação em vacas Guzerá, Cobuci et al. (2000) verificaram que o ano do parto influenciou a produção de leite e as estimativas dos parâmetros da curva de lactação. Ao longo de 27 anos, Mandujano (1979) observou fatores ambientais que influenciavam a produção de leite e encontrou efeito significativo do ano de parição sobre a duração da lactação e produção de leite, mas sem explicação razoável para as oscilações constatadas.

2) Estação do parto: relaciona-se com variações na quantidade e qualidade de alimento, manejo alimentar e modificações sazonais de temperatura, luminosidade e precipitação pluviométrica. Queiroz et al. (1991) encontraram, em vacas Holandesas, maior média de produção de leite quando o parto ocorria no verão, possivelmente em razão da maior qualidade da forrageira fornecida no cocho. Já Vasconcelos (1985), em animais em sistema de pastejo, encontrou maior duração de produção leiteira daqueles que pariam na estação seca,

pelo fato de haver suplementação concentrada no cocho neste período.

3) Idade da vaca ao parto ou ordem de parição: este fator relaciona-se com a maturidade fisiológica. Vacas de primeira cria não apresentam desenvolvimentos corporal e de glândula mamária completos e, por esse motivo, têm menor produção inicial, com pico menor o que gera menor queda de produção.

Lopes et al. (1996) observaram que vacas Holandesas primíparas apresentaram menor duração inicial da lactação, pico mais tardio e maior persistência na lactação comparadas às vacas de outras ordens de parto. Já vacas maduras fisiologicamente, consideradas à partir da terceira lactação, têm potencial para produção total, que gera maior pico e maior declividade da curva (Abubakar & Buvanendran, 1981).

Wood (1969), ao estudar a forma da curva de lactação, observou diferenças significativas na persistência, ao comparar as três primeiras lactações de uma mesma vaca.

Segundo Gengler et al. (1996), a persistência na lactação da primeira e nas demais lactações pode ser considerada característica distinta pelos baixos valores de repetibilidade observados.

2.3.4 - Outros fatores:

Existem outros fatores ambientais que podem influenciar a duração da persistência, mas com menor intensidade.

Período de serviço e prenhez são fatores que causam alteração hormonal, que por sua vez influenciarão diretamente a lactação. A prenhez durante a última fase da lactação, após o quinto mês, influencia diretamente a produção diária de leite da vaca, o que leva

ao maior declínio da curva de lactação (Gengler, 1996).

Durães (1991) encontrou menor persistência na lactação para período de lactação mais curto, ou seja, até 50 dias e não observou alteração na persistência em períodos mais longos. Em contraste, Lopes et al. (1996), ao estudarem a curva de lactação em vacas Holandesas, encontraram alterações no aclave da curva de acordo com os diferentes períodos de serviço, que não apresentam efeito sobre a declividade da curva.

A maioria dos estudos realizados sobre a persistência na lactação utiliza animais de uma única raça, mas há resultados experimentais que indicam que os animais com diferentes “graus de sangue” podem ser bem mais adaptados às condições produtivas do país. Ribas et al. (1983), por exemplo, citados por Lopes et al. (1996), verificaram que animais puros por cruzamentos apresentam maior produção média, superando os puros de origem.

Ao compararem animais de diferentes “graus de sangue”, das raças Jersey, Holandês e Pardo-Suíço, Yadav & Sharma (1985) observaram diferenças significativas na persistência na lactação de acordo com a raça cruzada; sendo aquelas que apresentam “sangue” Jersey as de maior persistência e as de “sangue” Holandês, menor.

Vasconcelos (1985) encontrou maior produção de leite em animais mestiços do que em holandeses puros, em decorrência do clima e das condições de criação. Isto pode explicar, em parte, porque os animais mais adaptados apresentam maior produtividade do que os de raças especializadas.

2.3.5 - Parâmetros genéticos

Diferentes metodologias têm sido utilizadas para estimar os parâmetros genéticos para persistência na lactação. Cobuci et al.

(2003), verificaram que as estimativas de herdabilidade da persistência dependem do tipo e/ou método de mensuração utilizado para o cálculo.

Para metodologias que utilizam modelos de regressão aleatória, a variação entre as estimativas de herdabilidade foi de 0,09 a 0,27 (Jakobsen et al., 2002; e Cobuci et al., 2004). Ao utilizarem análise bayesiana, Jamrozik et al. (1998) encontraram estimativas de 0,30.

As estimativas diferentes para herdabilidade da persistência na lactação podem estar relacionadas à representação biológica da lactação determinada pelo tipo de mensuração da persistência na lactação, à eficiência estatística do tipo de mensuração e, ou à parte da lactação utilizada no cálculo. Assim, dependendo do tipo de medida utilizado, as alterações na produção de leite durante a lactação podem ser mais bem expressas, com herdabilidades variadas (Cobuci et al., 2003). Como por exemplo, Swalve (1995) encontrou, na literatura, estimativas de herdabilidades da produção de leite maiores no período intermediário da lactação.

As correlações genéticas entre persistência na lactação e a produção de leite foram, de modo geral, baixas. Jakobsen et al. (2002), ao testarem cinco diferentes medidas encontraram variação de 0 a 0,47. Já Cobuci et al (2004) obtiveram variações de -0,31 a 0,55, para seis diferentes medidas de persistência. Jamrozik et al. (1998), ao avaliarem a persistência na lactação em vacas Holandesas, encontraram diferentes valores para persistência na lactação para animais com a mesma produção de leite, afirmando que não existe correlação entre estas características.

Jakobsen et al. (2002) afirmavam que a medida de persistência adequada deve ter alto valor econômico, grande variabilidade

genética, alta herdabilidade e baixa correlação com a produção aos 305 dias.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizadas informações extraídas da base de dados do Programa Nacional de Melhoramento do Guzerá para Leite, executado pela Embrapa Gado de Leite, em parceria com o Centro Brasileiro de Melhoramento do Guzerá.

A base de dados original continha 45026 registros de produção de leite no dia do controle (PLDC), de 3935 vacas puras e mestiças Guzerá. Para maior consistência dos dados, foram selecionadas observações das primeiras lactações de vacas com pais conhecidos e puros. Vacas filhas de touros com menos de três filhas, com menos de cinco controles e mais de 2000 dias de idade foram descartadas. Após a edição dos dados, restaram 8276 observações de 1021 vacas, apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição dos dados de acordo com rebanhos utilizados no estudo

Reb.	Controles	Lactações	% Lactações	Ano início
1	2194	224	21,94	1988
2	950	112	10,97	1987
3	2980	390	38,2	1994
4	536	79	7,74	2002
5	1616	216	21,16	1998
Total	8276	1021	100	

Foram considerados controles de produção de leite entre o 6º e o 305º dias de lactação no período de 1987 a 2006, intervalados de, no mínimo, 14 dias e, no máximo, 74 dias, visando à obtenção de maior número de informações por animal. Em média, as vacas apresentaram seis controles no período.

A separação dos grupos contemporâneos foi feita de acordo com rebanho-ano e época do controle, sendo esta dividida em duas, abril a setembro (seca) e outubro a março (águas). O que permitiu formar 110 classes de efeito fixo classificatório. No modelo de regressão aleatório foram incluídos os efeitos fixos dos controles agrupados de acordo com cinco classes de idade da vaca (22 a 36 meses, 37 a 39, 40 a 42, 43 a 47 e 48 a 59 meses), e em duas épocas de parto (abril a setembro e outubro a março). As disposições dos controles dentro das classes de idade ao parto estão apresentadas na tabela 2. Esses grupos foram combinados, constituindo-se 10 classes de idade-época do parto; pressupondo que cada classe pode apresentar um formato diferente para a curva de lactação.

Tabela 2 – Número de controles por classe de idade da vaca ao parto e estação do parto

Classe de idade ao parto	Época de parto	Número de controles
22 a 36 meses	1	869
	2	897
37 a 39 meses	1	1028
	2	724
40 a 42 meses	1	887
	2	738
43 a 47 meses	1	576
	2	860
48 a 59 meses	1	776
	2	921

O arquivo de genealogia continha 5005 animais.

3.1 - Modelos

O seguinte modelo foi utilizado para obtenção dos coeficientes de regressão aleatória:

$$Y_{ijkl} = RAE_i + \sum_{m=1}^n \beta_{km} Z_{jlm} + \sum_{m=1}^n a_{jm} Z_{jlm} + \sum_{m=1}^n p_{jm} Z_{jlm} + e_{ijkl}$$

Em que Y_{ijkl} é o controle l da vaca j no (t_i) período de dias em lactação, dentro da classe i (rebanho-ano-época do controle), pertencente à subclasse k (idade-época de parto); RAE_i efeito fixo de rebanho-ano-época do controle; e_{ijkl} é o efeito aleatório residual associado à Y_{ijkl} ; β_{km} é vetor que contém coeficientes de regressão dos efeitos fixos da produção de leite no dia do controle em função de t e descreve a forma da curva de lactação dentro das classes de idade da vaca-época de parto; a_{jm} e p_{jm} são vetores contendo coeficientes de regressão aleatórios que descrevem a trajetória do efeito genético aditivo e permanente de ambiente, respectivamente, durante o período de lactação para cada animal; n é o número de coeficientes da função utilizada e Z_{jlm} é um vetor de covariáveis, que representa os respectivos coeficientes das funções matemáticas utilizadas para descrever a curva de lactação. Neste estudo, foram utilizados o polinômio de Legendre e a Função logarítmica de Ali e Schaeffer (Ali e Schaeffer, 1987).

O polinômio de Legendre de terceiro grau foi utilizado para descrever as variações aleatórias da curva de lactação em função dos dias de lactação. Este modelo foi escolhido devido à grande diferença entre os autovalores das matrizes de covariâncias dos coeficientes de regressão aleatória, além da facilidade computacional, pois a utilização de polinômios com maior grau resultaria em mais coeficientes para serem estimados, o que leva maior tempo para análise, mas com resultados que apresentariam valores genéticos semelhantes (Cobuci et al., 2006).

A conversão das covariáveis de dias em lactação (t) para polinômios de Legendre é realizada a partir da transformação para uma escala de -1 a 1 (Kirkpatrick, 1990), da seguinte forma:

$$t = -1 + 2 \left(\frac{\text{Dia do controle} - \text{dia mínimo do controle}}{\text{Dia máximo do controle} - \text{dia mínimo do controle}} \right)$$

Os polinômios de Legendre são ortogonalizados (Schaeffer, 2001):

$$P_0(t) = 1$$

$$P_1(t) = t$$

$$P_{n+1}(t) = \frac{1}{n+1} ((2n+1)t * P_n(t) - nP_{n-1}(t))$$

Assim os polinômios de ordem 2 e 3 podem ser escritos:

$$P_2(t) = \frac{1}{2} ((3t^2) - 1)$$

$$P_3(t) = \left(\frac{5}{2} t^3 \right) - \left(\frac{3}{2} t \right)$$

Polinômios de ordem n foram normalizados como:

$$N_n = \left(\frac{2n+1}{2} \right)^{\frac{1}{2}} P_n(t); \quad \text{onde:}$$

$$N_0 = \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{1}{2}} P_0(t)$$

$$N_1 = \left(\frac{3}{2} \right)^{\frac{1}{2}} P_1(t)$$

$$N_2 = \left(\frac{5}{2} \right)^{\frac{1}{2}} P_2(t)$$

$$N_3 = \left(\frac{7}{2} \right)^{\frac{1}{2}} P_3(t)$$

A função de Ali e Schaeffer (1987) utilizada na descrição dos mesmos efeitos, é representada por:

$$a_0 + a_1 c + a_2 c^2 + a_3 \left(\ln \frac{1}{c} \right) + a_4 \left(\ln \frac{1}{c} \right)^2 ;$$

em que c equivale a dias em lactação divididos por 305.

A notação matricial para o modelo utilizado na análise é representada por:

$$y = Xb + Z_1 a + Z_2 p + e;$$

em que y é o vetor com as observações, b apresenta os resultados para rebanho-ano-época e β_{km} ; a inclui a_{jm} ; p inclui p_{jm} ; e X , Z_1 e Z_2 são matrizes de incidência nas observações dos efeitos incluídos nos vetores b , a e p , respectivamente, e e é o vetor dos resíduos.

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z_1 & X'R^{-1}Z_2 \\ Z_1'R^{-1}X & Z_1'R^{-1}Z_1 + G^{-1} \otimes A^{-1} & Z_1'R^{-1}Z_2 \\ Z_2'R^{-1}X & Z_2'R^{-1}Z_1 & Z_2'R^{-1}Z_2 + P^{-1} \otimes I \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \\ \hat{p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z_1'R^{-1}y \\ Z_2'R^{-1}y \end{bmatrix}$$

Por meio deste modelo estimaram-se os componentes de (co)variância, os efeitos fixos e obteve-se a predição dos efeitos aleatórios.

3.2 – Comparação dos modelos

Para verificação do modelo de melhor ajuste, foram utilizados a função de verossimilhança ($-2\ln L$) e o Critério de Informação de Akaike (AIC), que é obtido por:

$$AIC = -2\ln L + 2p; \text{ em que}$$

$-2\ln L$ é o valor da função de verossimilhança encontrado na análise e p é o número de parâmetros do modelo. Menores valores para $-2\ln L$ para o AIC

Pressupõe-se na definição do modelo que:

$$\begin{pmatrix} a \\ p \\ e \end{pmatrix} \sim N(0, V) \text{ e } V = \begin{bmatrix} G \otimes A & 0 & 0 \\ 0 & P \otimes I & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix};$$

G é a matriz de covariância genética dos coeficientes de regressão aleatória, idênticos para todas as vacas; A é a matriz dos coeficientes de parentesco entre os animais; \otimes , o operador que indica produto direto; P , matriz de covariância de ambiente permanente dos coeficientes de regressão aleatória, idênticos para todas as vacas; I é matriz identidade; σ_e^2 , variância residual.

O sistema de equações do modelo misto utilizado para estimar os efeitos fixos e prever os aleatórios foi:

indicam modelos mais adequados aos dados analisados. O Critério de Informação de Akaike penaliza modelos com maior número de parâmetros.

3.3 - Recursos computacionais

As avaliações foram realizadas em computador Intel Pentium 4 3.40 GHz com 1024 MB RAM. O programa utilizado foi o REMLF90 (Misztal, 2001), que trabalha com a Maximização da Esperança da Função de Máxima Verossimilhança Restrita (EMREML) e com a aceleração da convergência. Assim foram estimadas as matrizes G e P e a σ_e^2 .

O critério de convergência foi definido com base no valor quadrado das diferenças

relativas entre estimativas consecutivas menores que 10^{-11} para o polinômio de Legendre e 10^{-9} para Função Logarítmica de Ali & Schaeffer.

Os componentes de variância e covariância foram obtidos por meio de solução inicial do sistema adotando critério de convergência com baixa precisão (estimativas menores que 10^{-6}). Os resultados obtidos foram utilizados nas análises seguintes, como informação inicial de processamentos mais precisos.

3.4 – Estimação de variâncias e covariâncias

A utilização de modelos de regressão aleatória na estimação dos componentes de (co)variância, prediz uma matriz com variâncias e covariâncias dos coeficientes de regressão aleatória. Assim, foram estimados nove componentes de (co)variância, sendo quatro componentes relativos à variância e covariância entre os coeficientes de regressão do efeito genético aditivo e do efeito permanente de ambiente e um para o componente de variância residual.

As matrizes obtidas permitem representar a estrutura de (co)variância dos efeitos aleatórios para produção de leite durante toda a curva de lactação no período considerado. Esta metodologia torna possível a estimação dos valores de variância e covariância para qualquer dia ou combinação de dias no período entre 6 e 305 dias de lactação e permite também a obtenção das correlações e herdabilidades da característica em qualquer parte desta curva.

Foram calculados os vetores Z para produção de leite em períodos determinados da lactação.

As variâncias genética (Vg) e de ambiente permanente (Vp) da produção de leite, num

período t da lactação, podem ser estimadas da seguinte maneira:

$$Vg = Z_t' \hat{G} Z_t$$

$$Vp = Z_t' \hat{P} Z_t$$

em que \hat{G} e \hat{P} são as matrizes de variância e covariância genética e permanente de ambiente entre os coeficientes de regressão aleatória, respectivamente; Z_t , vetor de covariáveis relativas ao controle específico l , medido no tempo t da lactação.

Para calcular covariâncias genética (σ_{git}) e permanente de ambiente (σ_{pit}) entre dois controles, um no período t e outro no período i da lactação, utilizam-se as seguintes operações:

$$\sigma_{git} = Z_i' \hat{G} Z_t$$

$$\sigma_{pit} = Z_i' \hat{P} Z_t$$

3.5 - Parâmetros genéticos

As estimativas de herdabilidade para produção de leite podem ser obtidas para qualquer período (t) do intervalo considerado na análise da seguinte maneira:

$$h_{(t)}^2 = \frac{Vg_{(t)}}{(Vg_{(t)} + Vp_{(t)} + \hat{\sigma}_e^2)}$$

As correlações genéticas (r_{git}) e permanente de ambiente (r_{pit}) entre produção de leite nos controles do dia i e do dia t , foram obtidas por:

$$r_{git} = \frac{\sigma_{git}}{\sqrt{(Vg_i * Vg_t)}}$$

$$r_{pit} = \frac{\sigma_{pit}}{\sqrt{(Vp_i * Vp_t)}}$$

3.6 – Persistência na lactação

A persistência da curva de lactação, que é considerada o mais importante componente da curva de lactação (Wood, 1967), representa a taxa de declínio da produção de leite após o pico da lactação.

Para cálculo da persistência na lactação e predição dos valores genéticos dos animais, foram utilizadas seis diferentes medidas:

$$PS_1 = (Vg_{280} - Vg_{60}),$$

que indica o diferencial genético para produção de leite entre 60 e 280 dias de produção (Jamrozik et al., 1997b).

$$PS_2 = \left(\sum_{t=106}^{205} Vg_t - \sum_{t=6}^{105} Vg_t \right),$$

diferença entre as áreas sob a curva de lactação, nos terços médio e inicial da lactação (Jakobsen et al., 2002).

$$PS_3 = \left(\sum_{t=206}^{305} Vg_t - \sum_{t=6}^{105} Vg_t \right),$$

diferença entre as áreas sob a curva de lactação, nos terços final e inicial da lactação (Jakobsen et al., 2002).

$$PS_4 = \sum_{t=61}^{280} (Vg_t - Vg_{60}),$$

somatório das produções de 61 a 280 dias como desvios da produção aos 60 dias de lactação (Jamrozik et al., 1997b).

$$PS_5 = \sum_{t=60}^{279} (Vg_t - Vg_{280}),$$

somatório da produção de cada dia de 60 a 279 dias, como desvio da produção aos 280 dias (Jakobsen et al., 2002).

$$PS_6 = (Vg_{290} - Vg_{90}),$$

que indica o diferencial genético para produção de leite entre 90 e 290 dias de lactação (Cobuci et al., 2004).

Deve ser ressaltado que para maiores níveis de persistência na lactação, são desejáveis menores valores para PS_1 , PS_2 , PS_3 , PS_4 e PS_6 , mas para PS_5 , são desejados maiores valores.

As variâncias genéticas aditiva e de ambiente permanente foram obtidas por:

$$\sigma_a^2 = Z_t' G Z_t$$

$$\sigma_{ep}^2 = Z_t' P Z_t; \text{ em que:}$$

G e P , são matrizes de variância e covariância entre os coeficientes de regressão aleatória; Z_t , o vetor de covariáveis, obtido a partir das medidas de persistência, para o período t da lactação.

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade para as diferentes mensurações da persistência da curva de lactação foram calculadas por:

$$\hat{h}_{(n)}^2 = \frac{\hat{\sigma}_a^2(n)}{\hat{\sigma}_a^2(n) + \hat{\sigma}_{ep}^2(n) + (C_n * \hat{\sigma}_e^2)}$$

Em que ($n = PS_1, PS_2, PS_3, PS_4, PS_5, PS_6$) e C_n é constante, dada pelos valores 2, 200, 200, 48620, 48620, 2, para $PS_1, PS_2, PS_3, PS_4, PS_5, PS_6$, respectivamente.

As estimativas de correlações genéticas entre as características g e g' ($g \neq g'$) foram calculadas como:

$$r_{\hat{g}(gg')} = \frac{\hat{\sigma}_{gg'}(t't)}{\sqrt{\hat{\sigma}_{gg}(t't) * \hat{\sigma}_{g'g'}(t't)}} \quad \text{em que:}$$

$t' = t$, se as observações consideradas são de um mesmo período da lactação e, $t' \neq t$ se as observações são de períodos diferentes.

3.7 - Verificação do valor genético

Para obtenção da melhor medida de persistência, de acordo com o valor genético de cada animal para produção de leite aos 305 dias, foram utilizados os resultados de cada coeficiente de regressão aleatória obtidos pelo programa REMLF90 (Misztal, 2001), para o valor genético de cada animal.

O valor genético para produção aos 305 dias, seguindo o modelo ajustado pelo polinômio de Legendre, foi obtido pelos resultados dos coeficientes de regressão aleatória para 305 dias:

$$Vg_{305} = [0,7071 \quad 1,2247 \quad 1,5811 \quad 1,8708]$$

Assim, foram selecionados os animais que apresentavam maior valor genético para produção aos 305 dias e dentre estes foi determinada a porcentagem de animais em comum com as medidas de persistência na lactação, em níveis crescentes de seleção, para touros e para vacas.

4.1- Efeitos fixos

A figura 2 apresenta as curvas de efeitos fixos para cada função estudada. observa-se

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ajustamento da função de Ali e Schaeffer (1987), houve dificuldades para atingir o critério de convergência, provavelmente pelo número de parâmetros estimados, conforme já observado por Jamrozik et al. (1997b). Portanto, para obtenção da solução do sistema utilizou-se convergência com estimativas menores que 10^{-9} . Este problema não ocorreu quando foi ajustado utilizando o polinômio de Legendre.

A tabela 3 apresenta o número de parâmetros estimados em cada função, e a qualidade do ajustamento apresentada em cada análise. A definição do melhor modelo a ser utilizado irá depender do progresso genético que cada um pode proporcionar, sendo que diferentes modelos podem ser utilizados para avaliar a produção de leite no dia do controle pela regressão aleatória (Jensen, 2001). A função paramétrica de Ali e Schaeffer apresentou o melhor ajuste conforme o critério de informação de Akaike (AIC), o que sugere ser a mais adequada, exceto pela dificuldade de convergência em razão do maior número de parâmetros estimados.

Tabela 3 – Número de parâmetros estimados (NP), valor de $-2\log$ da função de verossimilhança ($-2\log L$) e critério de informação Akaike (AIC) para os diferentes modelos de regressão aleatória

Modelo	NP	$-2 \log L$	AIC
Ali e Schaeffer	31	24042,0633	24104,0633
Legendre 3	21	24558,1689	24600,1689

As variâncias residuais foram consideradas constantes durante todo período considerado. Com valores de $0,7199 \text{ kg}^2$ para a função Ali e Schaeffer e de $0,7315 \text{ kg}^2$ para o polinômio de Legendre.

que, nos dois modelos a curva tem queda bem acentuada, e apresentam menores períodos de pico de lactação, como encontrados por Cobuci et al. (2000), em

estudo da curva de lactação de vacas Guzerá.

Percebem-se diferenças nos formatos das curvas de acordo com a função estudada. Provavelmente, isto ocorre em razão da função de Ali e Schaeffer descrever curvas de lactação com formato pré-determinado

com produção inicial, pico e queda. Em modelos que utilizam polinômio de Legendre a forma da curva é obtida em função dos dados disponíveis e pode ser utilizada, em geral, para avaliações de outras características longitudinais que não estão ligadas especificamente a curva de lactação.

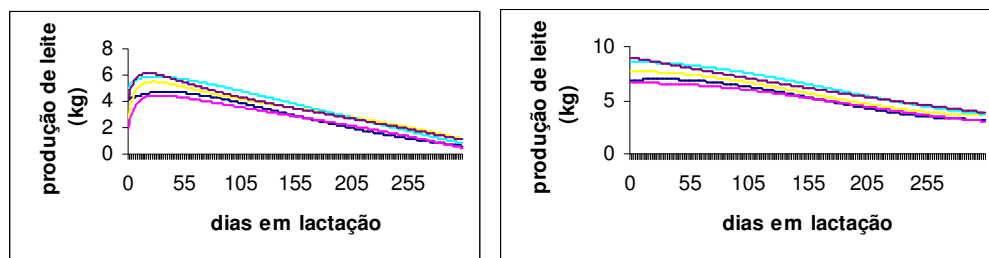


Figura 2 – Representação aleatória de cinco dos dez efeitos fixos para a função de Ali e Schaeffer (à esquerda) e polinômio de Legendre (à direita).

Ao se estimar os efeitos fixos em função dos dias em lactação pressupõe-se que há interação entre os níveis de efeitos fixos e a trajetória da curva de lactação. Desta forma, cada curva representa a média da produção das vacas com a mesma idade e que pariram na mesma época.

4.2 - Avaliação dos controles

Pelos controles avaliados, percebe-se que as lactações foram mais curtas do que o projetado, ou que as lactações estavam incompletas (Tab. 4).

As matrizes com os componentes de (co)variância dos coeficientes de regressão aleatória têm dimensões iguais à 5x5 para Ali e Schaeffer e 4x4 para polinômio de Legendre. Os componentes de (co)variância atribuídos aos coeficientes de regressão ou cada efeito aleatório para função de Ali e Schaeffer e para polinômio de Legendre constam, respectivamente, nas tabelas 5 e 6. Observa-se que as covariâncias encontradas são de baixa magnitude, o que pode ser

explicado pela utilização de coeficientes de regressão aleatória na descrição dos efeitos de ambiente permanente (Cobuci, 2002).

Para a função Logarítmica de Ali e Schaeffer, a_0 está associado ao pico de lactação, a_1 e a_2 ao declínio da curva, e a_3 e a_4 ao período do parto até o pico. Jamrozik et al. (1997b), ao avaliarem produções no dia do controle pelo modelo de regressão aleatória utilizando a função de Ali e Schaeffer, encontraram maior variabilidade para a_0 , seguida de a_2 e a_3 . No presente estudo, a variância de a_2 foi próxima de a_0 , seguido de a_3 . As correlações entre a_0 e os demais coeficientes foram negativas, com exceção de a_4 , sendo que este apresentou correlação negativa com a_1 , a_2 e a_3 . Os resultados obtidos no presente estudo são semelhantes aos de Jamrozik et al. (1997b) que observaram correlação positiva entre a_2 e a_3 , que se correlacionaram negativamente com a_0 . Os autores também relataram que a_0 foi o coeficiente que mais influenciou o valor genético para produção de leite aos 305 dias e que esta correlação pode resultar

em mudanças significativas no formato da curva de lactação.

Para o polinômio de Legendre, a_0 representa o intercepto, a_1 o efeito linear, a_2 o efeito quadrático e a_3 o cúbico. Os resultados obtidos são similares aos de Kettunen et al. (2000) que, ao avaliarem produções no dia do controle pelo polinômio de Legendre, encontraram maior variação para a_0 , sendo esta decrescente até a_3 . Foram encontradas baixas correlações entre os coeficientes, com exceção daquela entre os efeitos quadrático e cúbico que apresentou alta magnitude, porém com sinal negativo. Este resultado foi explicado por Araújo et al. (2006) que, ao encontrarem correlação negativa entre os efeitos quadrático e cúbico, afirmaram que animais que apresentam maior produção inicial, terão maior produção no pico, o que levará à queda mais acentuada de produtividade após este período.

Rekaya et al. (1999) acreditam que a seleção com base em diferentes fases da curva de lactação e seus componentes ainda não foi bem estudada. Sugerem que mesmo com correlações entre os coeficientes, que permitam inferências sobre a curva de

lactação, somente elas não devem ser determinantes da decisão sobre que formas de seleção devem ser adotadas.

Tabela 4 – Média de produção de leite, número de registro por controle e a representação percentual do controle determinado no total de observações

Controles	Média de produção	Número de registros	% de controles/lactação
1	8,7	1021	12,34
2	8,7	1021	12,34
3	8,1	1021	12,34
4	7,5	1021	12,34
5	6,8	1021	12,34
6	6,4	943	11,39
7	6,1	831	10,04
8	6,0	646	7,81
9	6,2	382	4,62
10	6,5	210	2,54
11	6,5	121	1,46
12	6,7	12	0,14
13	7,1	9	0,11
14	7,1	7	0,08
15	6,7	6	0,07
16	6,8	4	0,05
Média	7,0	-	-

Tabela 5 – Componentes de (co)variância (diagonal e acima da diagonal), correlações (abaixo da diagonal) atribuídos aos coeficientes de regressão, variâncias residuais e autovalores das matrizes de covariâncias dos efeitos genético aditivo direto e permanente de ambiente estimados de acordo com a função de Ali e Schaeffer

	Genético aditivo direto					Permanente de ambiente				
	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
a_0	5,552	-2,157	-5,172	-3,297	0,393	12,74	-0,046	-11,36	-9,699	1,926
a_1	-0,7926	1,335	1,854	0,9843	-0,1031	-0,7396	0,0003	0,0438	0,0373	-0,0074
a_2	-0,9287	0,6788	5,587	3,979	-0,5608	-0,9195	0,7261	11,98	9,137	-1,788
a_3	-0,77	0,4688	0,9262	3,303	-0,5149	-0,8837	0,6962	0,8583	9,455	-1,983
a_4	0,5478	-0,2932	-0,7793	-0,9307	9,27E-02	0,821	-0,6473	-0,7861	-0,9811	0,4319
Autovalores	5,22E-03	8,76E-02	0,306	1,352	14,12	0,0001	0,0098	0,9529	1,601	32,05
Residual	0,7199									

Os autovalores das matrizes de covariância dos coeficientes de regressão dos efeitos aleatórios constam nas tabelas 5 e 6. Há um autovalor muito pequeno em relação ao maior para cada efeito aleatório nos dois

modelos. Isto indica que tanto a equação cúbica e a logarítmica se ajustaram de forma eficaz aos efeitos analisados (Nobre et al., 2003).

Tabela 6 – Componentes de (co)variância (diagonal e acima da diagonal), correlações (abaixo da diagonal) atribuídos aos coeficientes de regressão, variâncias residuais e autovalores das matrizes de covariâncias dos efeitos genético aditivo direto e permanente de ambiente estimados de acordo com polinômio de Legendre

	Genético aditivo direto				Permanente de ambiente			
	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃
a ₀	1,715	-0,398	2,63E-02	3,81E-02	3,387	-0,1196	-0,3523	-3,77E-02
a ₁	-0,5099	0,3553	-6,67E-03	-2,36E-02	-8,78E-02	0,5482	-3,50E-02	-6,14E-02
a ₂	4,42E-02	-2,47E-02	0,2057	-6,77E-02	-0,3806	-9,40E-02	0,253	1,25E-02
a ₃	0,1833	-0,2493	-0,9403	2,52E-02	-6,52E-02	-0,2645	7,90E-02	9,84E-02
Autovalores	7,14E-04	0,2272	0,2489	1,824	8,93E-02	0,2071	0,5592	3,431
Residual	0,7315							

As variâncias dos efeitos aleatórios referentes aos controles leiteiros, estimadas em função dos dias em lactação, estão na tabela 7. As variâncias ambientais foram

maiores do que as genéticas e a mesma tendência foi observada por El Faro e Albuquerque (2003b) para vacas da raça Caracu.

Tabela 7-Estimativas de variâncias genéticas e ambientais para produção de leite do 6° ao 305° dias de lactação

	Ali e Schaeffer		Polinômio de Legendre	
	Variância Genética	Variância Ambiental	Variância Genética	Variância Ambiental
C06	2,40	4,32	2,96	2,79
C30	2,04	2,35	2,03	2,22
C60	1,61	2,27	1,58	2,15
C90	1,33	2,22	1,39	2,20
C120	1,11	2,25	1,22	2,23
C150	0,92	2,26	1,00	2,24
C180	0,76	2,20	0,78	2,25
C210	0,65	2,06	0,65	2,19
C240	0,67	1,90	0,63	2,01
C270	0,89	1,81	0,73	1,78
C305	1,52	2,00	0,93	2,05

Percebe-se que houve, nos dois casos, tendência à diminuição das variâncias tanto genética, como ambiental, ao longo do período estudado (Fig. 3).

As variâncias genéticas apresentaram trajetória com a fase inicial alta, decréscimo no meio da lactação e elevação na fase final. A elevação na fase final pode ser atribuída ao número reduzido de registros neste período, conforme encontrado por El Faro e

Albuquerque (2003b). Já a elevação inicial pode ser atribuída a algumas falhas intrínsecas do modelo de regressão aleatória para estimativas de variância nos períodos

extremos, como já observado por Gilmour (2006), que pode acarretar em sobre estimação.

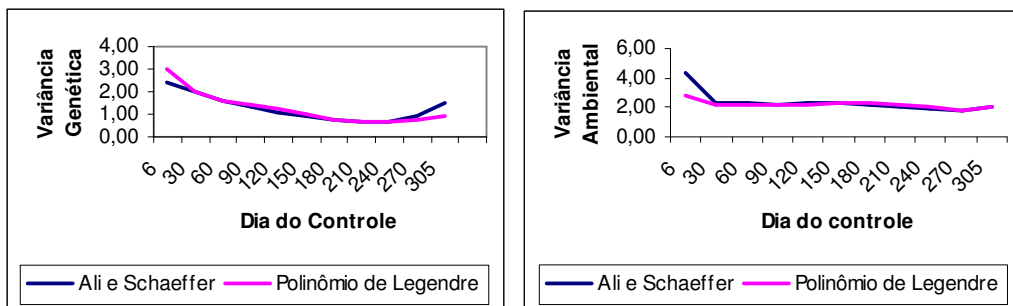


Figura 3 – Variâncias genética e ambiental, nos diferentes períodos de lactação, estimadas pelo modelo de regressão aleatória.

O decréscimo acentuado da variância genética, nos primeiros dias da lactação, também foi observado por Jamrozik et al. (1997a), Costa et al. (2005) e Dionello et al. (2006).

As estimativas de variância ambiental apresentaram elevação inicial, com pequeno aumento na fase final, sendo pouco expressivo. Após o período inicial as estimativas apresentaram pequenas variações. Isto indica que os efeitos ambientais são mais significativos na fase inicial da lactação e corroboram as afirmações de Cobuci (2002) de que fatores não-genéticos tendem a ter maior influencia na produção de leite nas primeiras semanas da lactação.

As estruturas de covariância estimadas para cada efeito aleatório estão representadas na figura 4. Ao serem avaliadas, as estruturas, independente do modelo de análise, têm o mesmo padrão de comportamento em função dos dias em lactação. Os planos que apresentam as covariâncias dos efeitos genéticos aditivos mostram acentuada queda da produção inicial até os 50 dias, logo após este período tende a se suavizar. Os planos que representam as covariâncias dos efeitos

de ambiente permanente também apresentam queda com o avançar dos dias em lactação. Mas para os planos que representam efeitos de ambiente permanente, existem diferenças entre as funções utilizadas. Para o modelo que utiliza a função de Ali e Schaeffer, após a queda acentuada inicial, o plano apresenta alterações suaves, mas para o modelo ajustado para polinômio de Legendre a queda se apresenta mais expressiva. El Faro e Albuquerque (2003b) encontraram estruturas de covariâncias genéticas com grandes oscilações para análises uni e bicaracterísticas para produção acumulada aos 305 dias.

As estimativas de herdabilidade direta para produção de leite no dia do controle estão apresentadas na tabela 8. Os maiores valores foram observados na fase inicial da lactação.

As estimativas de herdabilidade obtidas por ambos modelos apresentam, a partir de 30 dias, decréscimo contínuo até 210 dias, com estimativa de 0,19 e de modo geral, voltam a se elevar até 305 dias. Resultados semelhantes foram encontrados por Costa et al (2005) na raça Gir e Dionello et al. (2006), na raça Jersey. Swalve (1995), em

revisão de literatura, encontrou maiores valores para herdabilidade entre controles do meio da lactação e, menores no início e no final, ao contrário dos resultados aqui obtidos. Para polinômio de Legendre, a herdabilidade inicial foi mais elevada, com valor de 0,46 para o 6º dia, já para Ali e Schaeffer o valor foi de 0,32. Esta variação nas estimativas das herdabilidades pode ser atribuída, provavelmente, à alta variância ambiental nesta fase. O aumento da variância ambiental leva à diminuição da contribuição da variância genética aditiva, em razão do aumento da variância fenotípica (Dionello et al., 2006).

Tabela 8 – Estimativas de herdabilidades para cada controle segundo a função de Ali Schaeffer e polinômio de Legendre

	Ali e Schaeffer	Polinômio de Legendre
C06	0,32	0,46
C30	0,40	0,40
C60	0,35	0,35
C90	0,31	0,32
C120	0,27	0,29
C150	0,24	0,25
C180	0,21	0,21
C210	0,19	0,19
C240	0,20	0,19
C270	0,26	0,23
C305	0,36	0,26

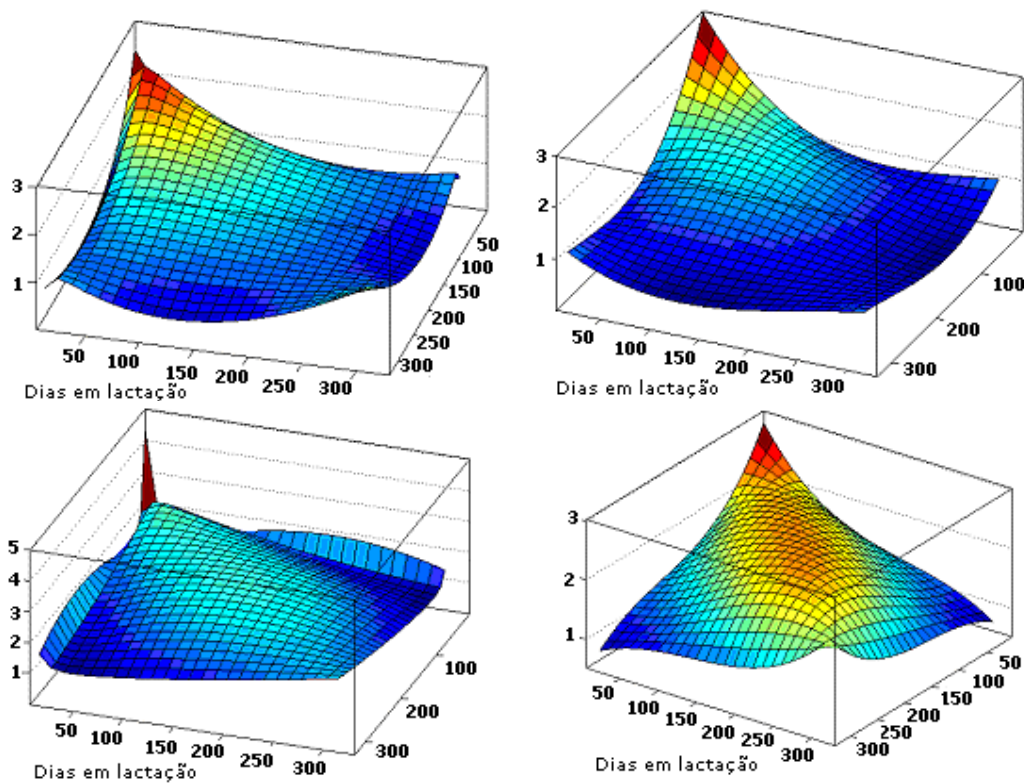


Figura 4 – Estruturas de covariância (kg^2) dos efeitos genético aditivo direto para a função de Ali e Schaeffer (superior esquerdo) e para polinômio de Legendre (superior direito), dos efeitos de ambiente permanente para Ali e Schaeffer (inferior esquerdo) e polinômio de Legendre (inferior direito).

Na fase final, aos 305 dias, a estimativa da herdabilidade foi de 0,36 para função de Ali e Schaeffer e de 0,26 para o polinômio de Legendre. Estas estimativas se assemelharam às relatadas por Jamrozik e Schaeffer (1997) de 0,33 e por Kettunen et al. (2000) de 0,30, autores de ambos os trabalhos utilizaram modelos de regressão aleatória. As estimativas também foram semelhantes à encontrada por Peixoto et al. (2007), 0,32 para produção total de vacas da raça Guzerá.

A figura 5 apresenta as trajetórias das herdabilidades de acordo com a função utilizada. Salienta-se que as tendências foram semelhantes as obtidas para estimativas de herdabilidade nos terços médio e final da lactação por Santellano-Estrada et al.(2006), ao utilizarem polinômio de Legendre de segundo grau em gado crioulo tropical no México.

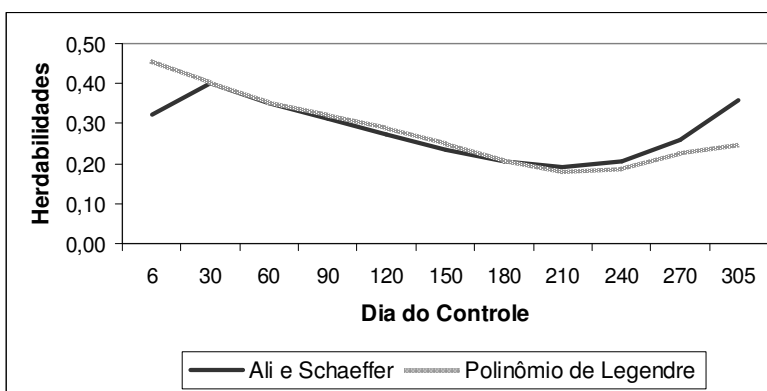


Figura 5 – Herdabilidade estimada para produção de leite ao longo da lactação, utilizando a função de Ali e Schaeffer e polinômio de Legendre.

As correlações genéticas entre produções de leite no dia do controle estão relacionadas na tabela 9. De modo geral, as correlações tenderam a diminuir com o aumento do período entre os controles. Estes resultados

assemelham-se aos obtidos por Jamrozik e Schaeffer (1997) e Jakobsen et al. (2002) que obtiveram menores valores para correlação entre os controles do período inicial da lactação e os do período final.

Tabela 9 - Correlações genéticas entre os períodos de lactação selecionados, para a função de Ali e Schaeffer (acima da diagonal) e para polinômio de Legendre (abaixo da diagonal)

	C06	C30	C60	C90	C120	C150	C180	C210	C240	C270	C305
C06		0,74	0,53	0,37	0,26	0,19	0,16	0,18	0,22	0,28	0,32
C30	0,96		0,95	0,86	0,78	0,73	0,69	0,67	0,62	0,53	0,43
C60	0,81	0,94		0,98	0,94	0,89	0,86	0,79	0,68	0,50	0,32
C90	0,64	0,83	0,97		0,99	0,96	0,93	0,85	0,69	0,47	0,25
C120	0,53	0,74	0,92	0,99		0,99	0,96	0,88	0,71	0,48	0,23
C150	0,47	0,69	0,88	0,96	0,99		0,99	0,92	0,77	0,53	0,28
C180	0,48	0,68	0,85	0,92	0,96	0,99		0,97	0,85	0,64	0,40
C210	0,51	0,66	0,78	0,84	0,87	0,91	0,97		0,95	0,80	0,59
C240	0,54	0,62	0,67	0,68	0,70	0,76	0,86	0,96		0,95	0,81
C270	0,54	0,56	0,53	0,51	0,52	0,59	0,71	0,86	0,97		0,96
C305	0,52	0,49	0,42	0,37	0,37	0,44	0,58	0,76	0,91	0,98	

Os valores obtidos estão entre moderados e altos, principalmente no período intermediário da lactação. As correlações chegaram próxima a unidade entre dois controles seqüenciados, à semelhança dos resultados obtidos por Kettunen et al. (2000), na raça Ayrshire, por Costa et al. (2002), na raça Gir, e por Cobuci et al. (2004), na raça Holandesa.

Na tabela 10 constam as correlações de ambiente permanente entre as produções de leite no dia do controle. Da mesma forma que as correlações genéticas, as de ambiente apresentaram valores altos entre controles sucessivos e foram diminuindo à medida que se aumentava o intervalo em dias entre as medições.

Tabela 10 - Correlações de ambiente entre os períodos de lactação selecionados, para a função de Ali e Schaeffer (acima da diagonal) e para polinômio de Legendre (abaixo da diagonal)

	C06	C30	C60	C90	C120	C150	C180	C210	C240	C270	C305
C06		0,41	0,39	0,46	0,52	0,57	0,60	0,62	0,61	0,56	0,44
C30	0,95		0,96	0,87	0,77	0,68	0,61	0,55	0,51	0,46	0,38
C60	0,80	0,95		0,97	0,90	0,83	0,76	0,70	0,64	0,55	0,40
C90	0,68	0,87	0,98		0,98	0,94	0,89	0,84	0,76	0,65	0,45
C120	0,59	0,79	0,92	0,98		0,99	0,96	0,92	0,85	0,73	0,50
C150	0,54	0,71	0,85	0,93	0,98		0,99	0,96	0,90	0,79	0,56
C180	0,50	0,64	0,76	0,85	0,93	0,98		0,99	0,95	0,85	0,63
C210	0,47	0,57	0,67	0,77	0,86	0,94	0,99		0,98	0,91	0,73
C240	0,45	0,52	0,61	0,69	0,79	0,88	0,94	0,98		0,97	0,84
C270	0,42	0,49	0,55	0,62	0,70	0,78	0,84	0,90	0,96		0,94
C305	0,29	0,38	0,44	0,46	0,47	0,48	0,51	0,56	0,66	0,84	

4.3 - Persistência

Os resultados deste estudo indicam, à semelhança das observações de Cobuci et al. (2001), que a curva de lactação para a raça Guzerá apresenta pico pouco acentuado e duração menor do que 305 dias. Estes resultados sugerem que o estudo da persistência na lactação e seleção para esta característica possam ser importantes na busca de maior produtividade para estes animais.

As herdabilidades para as seis medidas de persistência foram estimadas a partir das matrizes de (co)variância genética aditiva e de ambiente permanente dos coeficientes de regressão aleatória. Estas estimativas estão apresentadas na tabela 11.

Os valores estimados de herdabilidade para cada uma das medidas de persistência variaram de 0,20 a 0,42 para a função de Ali

e Schaeffer e de 0,20 a 0,39 para polinômio de Legendre. Estas estimativas são maiores do que as encontradas por Cobuci et al. (2004) que obtiveram valor máximo para estas mesmas medidas, em vacas Holandesas, de 0,27. Isto se justifica pelo fato de que os parâmetros genéticos são específicos para raça, ou mesmo para a amostra utilizada na análise.

Tabela 11 – Estimativas de herdabilidades, de seis medidas de persistência na lactação, para cada função utilizada

	Ali e Schaeffer	Polinômio de Legendre
PS ₁	0,30	0,28
PS ₂	0,39	0,38
PS ₃	0,42	0,39
PS ₄	0,20	0,20
PS ₅	0,32	0,25
PS ₆	0,36	0,29

A parte da curva de lactação utilizada para calcular a persistência pode resultar em

maior ou menor estimativa de herdabilidade. Segundo Swalve (1995), as herdabilidades para produção de leite são maiores no período intermediário da lactação, portanto medidas de persistência que utilizam apenas este período podem ter maior herdabilidade do que uma medida que considera todos os períodos da curva.

As correlações genéticas e de ambiente entre as medidas de persistência constam na tabela 12, e são muito semelhantes para as duas

funções estudadas. Além disso, correlações genéticas e de ambiente mantiveram as mesmas tendências e magnitudes. Os valores apresentam grandes variações, sendo observados sinais negativos para correlações entre a medida PS₅ e as demais, em razão desta medida representar o desvio dos valores genéticos acumulados em relação ao valor genético aos 280 dias, ou seja, contraria as demais que medem o desvio da produção adicional da fase inicial da lactação.

Tabela 12 - Correlações genéticas e de ambiente para função de Ali e Schaeffer (acima da diagonal) e polinômio de Legendre (abaixo da diagonal) entre as medidas de persistência na lactação

	Correlação Genética						Correlação Ambiental					
	PS ₁	PS ₂	PS ₃	PS ₄	PS ₅	PS ₆	PS ₁	PS ₂	PS ₃	PS ₄	PS ₅	PS ₆
PS ₁		0,45	0,96	0,82	-0,91	0,96		0,63	0,97	0,85	-0,85	0,95
PS ₂	0,45		0,68	0,87	-0,04	0,18	0,53		0,78	0,93	-0,14	0,35
PS ₃	0,95	0,71		0,94	-0,75	0,84	0,94	0,78		0,92	-0,73	0,86
PS ₄	0,81	0,88	0,96		-0,50	0,62	0,76	0,93	0,93		-0,44	0,63
PS ₅	-0,93	-0,08	-0,75	-0,53		-0,99	-0,88	-0,09	-0,68	-0,36		-0,97
PS ₆	0,97	0,23	0,85	0,66	-0,99		0,97	0,32	0,84	0,59	-0,97	

Jakobsen et al. (2002), em estudo comparativo entre medidas de persistência na lactação, obtiveram correlações genéticas que variaram de -0,41 a 0,93 para as medidas de 1 a 5 utilizadas neste estudo. Portanto, os autores obtiveram resultados com maiores valores do que os obtidos neste estudo. Cobuci et al. (2004), ao compararem as seis medidas avaliadas, encontraram variações com magnitude maiores do que 0,83, tanto para correlações genéticas como

para as de ambiente e, portanto, também maiores do que as deste estudo.

4.4 – Persistência na lactação e produção de leite

As correlações genéticas entre as medidas de persistência e as produções de leite em períodos determinados são apresentadas na tabela 13.

Tabela 13 – Correlação genética entre as medidas de persistência na lactação e a produção de leite nos dias determinados da lactação, para função de Ali e Schaeffer e para polinômio de Legendre

	Ali e Schaeffer					Polinômio de Legendre				
	6	30	150	240	305	6	30	150	240	305
PS ₁	-0,31	-0,57	-0,56	0,05	0,48	-0,40	-0,58	-0,59	0,02	0,34
PS ₂	-0,89	-0,78	-0,15	-0,11	-0,23	-0,90	-0,80	-0,14	-0,14	-0,20
PS ₃	-0,55	-0,70	-0,47	0,05	0,35	-0,64	-0,74	-0,51	-0,03	0,19
PS ₄	-0,70	-0,85	-0,46	-0,12	0,05	-0,80	-0,83	-0,41	-0,09	0,03
PS ₅	-0,05	0,25	0,51	-0,17	-0,68	0,07	0,31	0,59	-0,09	-0,47
PS ₆	-0,07	-0,36	-0,54	0,13	0,62	-0,21	-0,43	-0,60	0,06	0,42

Observou-se que as correlações encontradas entre as medidas de persistência e a produção de leite aos 305 dias são baixas para as duas funções estudadas. As medidas PS₂ e PS₅ correlacionaram-se negativamente com a produção aos 305 dias. Já a medida PS₄ apresentou correlação bem próxima de zero com a produção de leite aos 305 dias. Estas correlações foram menores do que as encontradas por Jakobsen et al. (2002). Já as correlações entre PS₁ e PS₃ e a produção de leite aos 305 dias, obtidas neste estudo, foram maiores do que as encontradas pelos mesmos autores. Já Cobuci et al. (2004), ao estudarem estas medidas em vacas Holandesas, encontraram valores semelhantes aos obtidos neste estudo, excetuando a PS₂, que para os autores apresentou correlação positiva com a produção aos 305 dias.

Jakobsen et al. (2002), ao encontrarem valor de zero para correlação entre a medida PS₅ e a produção aos 305 dias, sugerem que esta seria a melhor forma de avaliar a persistência. Assim, tem-se que menores valores para as medidas PS₁, PS₂, PS₃, PS₄ e PS₆ indicam uma curva de produção de leite mais persistente e para a medida PS₅ maior valor é que indica maior persistência. Portanto, o resultado negativo da correlação entre PS₂ e a produção aos 305 dias indica

que os menores valores para persistência, que seria o desejável, estariam associados à maiores produções de leite ao final da lactação.

As correlações entre as medidas de persistência e a produção de leite em períodos determinados da lactação (6, 30, 150 e 240 dias), de modo geral, apresentaram sinais negativos, com decréscimo da magnitude à medida que a produção de leite se aproxima do período final da lactação. Isto indica que aumentos na produção inicial de leite resultam em diminuição na produção de leite na fase final, ou seja, maiores produções na fase inicial e no pico da lactação poderiam levar à queda na produção final. Segundo Madsen (1975), vacas com alta produção até o pico apresentam taxa acentuada de queda na produção de leite, comparadas as que apresentam menores produções nesta mesma fase.

Na tabela 14, constam as estimativas de correlações entre ambiente permanente e produção de leite em períodos determinados. Os valores encontrados variaram entre baixo e moderados. Estes resultados assemelham-se aos encontrados por Cobuci et al. (2004) que encontraram variações nestas correlações entre -0,61 e 0,61.

Tabela 14 - Correlações de ambiente entre as medidas de persistência na lactação e a produção de leite nos dias determinados da lactação, para função de Ali e Schaeffer e para polinômio de Legendre

	Ali e Schaeffer					Polinômio de Legendre				
	6	30	150	240	305	6	30	150	240	305
PS ₁	0,10	-0,60	-0,18	0,22	0,50	-0,48	-0,57	-0,27	0,18	0,44
PS ₂	0,14	-0,48	0,32	0,47	0,27	-0,51	-0,42	0,31	0,50	0,15
PS ₃	0,05	-0,61	-0,07	0,30	0,48	-0,54	-0,58	-0,08	0,34	0,37
PS ₄	0,25	-0,57	0,14	0,41	0,38	-0,48	-0,49	0,14	0,47	0,21
PS ₅	0,09	0,45	0,45	0,03	-0,47	0,33	0,46	0,49	0,08	-0,47
PS ₆	0,00	-0,53	-0,35	0,08	0,50	-0,40	-0,52	-0,39	0,07	0,45

Segundo Jakobsen et al. (2002), para que a persistência na lactação seja incluída nas

avaliações genéticas, há necessidade de primeiro determinar o valor econômico desta

característica, para estabelecer o peso que deve ser dado à esta característica em um programa de seleção. Mas Dekkers et al. (1996) afirmam que animais mais persistentes reduzem custos com alimentação, reprodução e saúde, além de aumentarem a produção total de leite.

4.4.1 – Seleção dos animais

Nas figuras 6 e 7 são apresentadas as porcentagens de animais em comum quando se selecionam os melhores animais com base na produção de leite aos 305 dias e nas seis medidas de persistência na lactação, utilizando o ajustamento com o polinômio de Legendre. Com reserva para reprodução variando entre 5% a 20 % dos melhores animais. Nota-se que para a seleção de vacas a medida PS₂ foi superior em todos os percentuais de seleção. Ao se selecionarem 10% dos melhores touros houve coincidência entre as medidas PS₂, PS₃, PS₄, mas ao se aumentarem para 20% os animais selecionados, a medida PS₂ se torna superior. Este resultado, contudo indica que não há diferença na classificação dos animais quando se seleciona um número pequeno número de animais para reprodução, ou seja, em programas com alta intensidade de seleção.

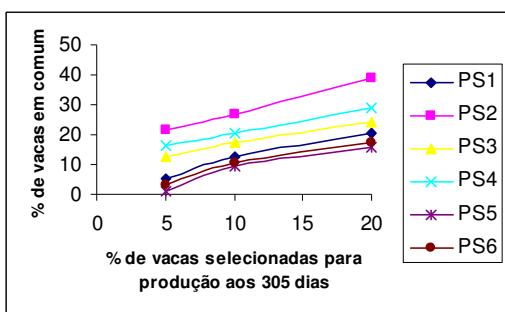


Figura 6 – Porcentagem de vacas em comum, selecionadas para as seis medidas persistência na lactação e para produção de leite aos 305 dias.

Quando se adota o nível de 5% para seleção dos melhores indivíduos com base na produção de leite ou persistência na

lactação, 20% desses animais são comuns nos dois critérios adotados para classificação dos melhores indivíduos.

Cobuci (2002) obteve um índice de coincidência de 2% a se adotar os critérios de produção de leite aos 305 dias, e persistência na lactação em animais da raça Holandesa. O nível do índice de coincidência é necessariamente menor do que o numero de animais em comum. Não se adotou o índice de coincidência no presente estudo, que seria muito pequeno, em razão do pequeno número de animais avaliados.

Jamrozik et al. (1997b) afirmam que os valores genéticos, estimados por meio de modelos de regressão aleatória, são mais acurados, pelo fato da regressão aleatória modelar melhor os efeitos do ambiente, tanto na produção diária como na curva de produção como um todo.

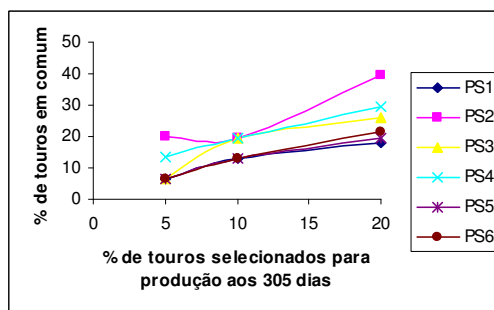


Figura 7 – Porcentagem de touros em comum, selecionadas para as seis medidas persistência na lactação e para produção de leite aos 305 dias.

Segundo Jakobsen et al. (2002), uma medida de persistência na lactação com alto valor econômico, elevada variância genética, alta herdabilidade e baixa correlação com a produção de leite aos 305 dias é desejável. Portanto, a medida de persistência PS₂ foi a que melhor se ajustou a essas características. Assim, a seleção de bovinos da raça Guzerá para maior persistência na lactação poderia ser feita por meio desta medida.

5 - CONCLUSÕES

As produções no dia do controle, avaliadas por modelos de regressão aleatória, possibilitam a obtenção das variações genéticas e de ambiente durante o período de lactação compreendido entre o 6º e 305º dia de lactação.

A função que melhor se adequou às análises foi a de Ali e Schaeffer, porém apresenta problemas de convergência quando se aumenta o número de dados analisados.

A alta herdabilidade das produções de leite na fase inicial indica que a seleção de animais neste período pode aumentar os ganhos genéticos por meio de redução no intervalo de gestações.

A persistência na lactação é medida que apresenta moderada herdabilidade, baixa correlação com a produção de leite aos 305 dias; e pode ser usada na seleção para modificar o formato da curva de lactação sem grandes alterações na produção total de leite.

Entre as medidas de persistência na lactação em bovinos da raça Guzerá, avaliados neste estudo, a que considera a diferença entre as áreas mediana e a área inicial sob a curva de lactação (PS₂) é a que mais se adequou à seleção de animais mais persistentes resultando, contudo em baixo ganho genético na produção total de leite.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABUBAKAR, B.Y.; BUVANENDRAN, V. Lactation curves of Friesian-Bunaji crosses in Nigeria. *Livest. Prod. Sci.*, v.8, p. 11-19, 1981.

ALI, T.E.; SCHAEFFER, L.R. Accounting for covariances among test day milk yields in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.*, v.67, n.3, p.637-644, 1987.

ARAÚJO, C.V.; TORRES, R.A.; COSTA, C.N. et al. Uso de funções ortogonais para descrever a produção de leite no dia de controle por meio de modelos de regressão aleatória. *R. Bras. Zootec.*, v.35, n.3, p.967-974, 2006 (supl.).

BAR-ANAN, R.; RON, M. Associations among milk yield, yield persistency, conception, and culling of Israeli Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.68, n.2, p. 382-386, 1985.

BATRA, T.R.; LIN, C.Y.; McALLISTER, A.J. et al. Multitrait estimation of genetic parameters of lactation curves in Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* v.70, p.2105-2111, 1987.

BROTHERSTONE, S.; WHITE, I.; MEYER, K. Genetic modeling of dairy milk yield using orthogonal polynomial and parametric curves. *Anim. Sci.*, v.70, p.407-4015, 2000.

COBUCI, J.A.; EUCLYDES, R.F., VERNEQUE, R.S et al. Curva de lactação na raça Guzerá. *R. Bras. Zootec.*, v.29, n.5, p.1332-1339, 2000.

COBUCI, J.A.; EUCLYDES, R.F.; TEODORO, R.L. et al. Aspectos genéticos e ambientais da curva de lactação na raça Guzerá. *R. Bras. Zootec.*, v.30, n.4, p.1204-1211, 2001.

COBUCI, J.A. *Uso de modelos de regressão aleatória na avaliação da persistência na lactação de animais da raça Holandesa*. 2002. 99f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

- COBUCI, J.A.; EUCLYDES, R.F.; PEREIRA, C.S. et al. Persistência na lactação – uma revisão. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, v.11, n.3, p.163-173, 2003.
- COBUCI, J.A.; EUCLYDES, R.F.; COSTA, C.N. et al. Análises da persistência na lactação de vacas da raça Holandesa, usando produção no dia do controle e modelo de regressão aleatória. *R. Bras. Zootec.*, v.33, n.3, p.546-554, 2004.
- COBUCI, J.A.; COSTA, C.N.; TEIXEIRA, N.M. et al. Utilização dos polinômios de Legendre e da função de Wilkink em avaliações genéticas para persistência na lactação de animais da raça Holandesa. *Arq. Bras. Méd. Vet.*, v.58, n.4, p. 614-623, 2006.
- COSTA, C.N.; MELO, C.M.R.; MACHADO, C.H.C. et al. 2002. Avaliação de funções polinomiais para ajuste da produção de leite no dia do controle de primeiras lactações de vacas Gir com modelos de regressão aleatória. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39,2002, Recife. *Anais...* Recife: SBZ, 2002, (CD-ROM).
- COSTA, C.N.; MELO, C.M.R.; MACHADO, C.H.C. et al. Parâmetros genéticos para a produção de leite de controles individuais de vacas da raça Gir estimados com modelos de repetibilidade e regressão aleatória. *R. Bras. Zootec.*, v.34, n.5, p.1520-1531, 2005.
- DEKKERS, J.C.M.; JAMROZIK, J.; TEM HAG, J.H. et al. Genetic and economic evaluation of persistency in dairy cattle. Proc. Int. Workshop of Genetic Improvement of Functional Traits in Cattle. *Interbull Bulletin*. v.12, p. 97-102, 1996.
- DEKKERS, J.C.M.; TEM HAG, J.H.; WEERSINK, A. Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.*, v.53, p.237-252, 1998.
- DIONELLO, N.J.L.; SILVA, C.A.S.; COSTA, C.N. et al. Estimação de parâmetros genéticos utilizando-se produção de leite em primeiras lactações de vacas da raça Jersey. *R. Bras. Zootec.*, v.35, n.4, p.1646-1652, 2006 (supl.).
- DURÃES, M.C.; TEIXEIRA, N.M.; FREITAS, A.F. Curvas de lactação de vacas da raça Holandesa mantidas em confinamento total. *Arq. Bras. Med. Vet.* V.43, n.5, p. 447-458, 1991.
- EUCLIDES FILHO, K. Retrospectiva e desafios da produção de ruminantes no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: UFRGS, 1999.
- EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G. Utilização de modelos de regressão aleatória para a produção de leite no dia do controle, com diferentes estruturas de variâncias residuais. *R. Bras. Zootec.*, v.32,n.5, p.1104-1113, 2003.
- EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G. Estimação de parâmetros genéticos para produção de leite no dia do controle e produção acumulada até 305 dias, para as primeiras lactações de vacas da raça Caracu. *R. Bras. Zootec.*, v.32,n.2, p.284-294, 2003b.
- FERREIRA, W.J.; TEIXEIRA, N.M.; TORRES, R.A. et al. Utilização da produção de leite no dia do controle na avaliação genética em gado de leite – uma revisão. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, v.10, n.1, p.46-53, 2002.
- FERREIRA, W.J.; TEIXEIRA, N.M.; EUCLYDES, R.F. et al. Avaliação genética de bovinos da raça Holandesa usando a

- produção de leite no dia do controle. *R. Bras. Zootec.*, v.32,n.2, p.295-303, 2003.
- FERRIS, T.A.; MAO, I.L.; ANDERSON, C.R. Selecting for lactation curve and milk yield in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* v.68, n.6, p.1438-1448, 1985.
- GENGLER, N. Persistency of lactation yields: A review. Proc. Int. Workshop of genetic improvement of functional traits in cattle. *Interbull Bulletin.* v.12, p.97-102, 1996.
- GILMOUR, A.R. Statistical models for multidimensional (longitudinal/spatial) data. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 8, 2006, Belo Horizonte. *Proceedings...* Belo Horizonte, 2006. Disponível em: http://www.wcgalp8.org.br/wcgalp8/articles/paper/25_339-773.pdf Acesso em: nov. 2007.
- GLÓRIA, J.R. *Fatores que influenciam a produção de leite, a duração da lactação e a produção por dia de intervalo de partos de vacas mestiças Holandês-Gir.* 2004. 49f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte, MG.
- GROSSMAN, M.; KUCK, A.L.; NORTON, H.W. Lactation curves of purebred and crossbred dairy cattle. *J. Dairy Sci.* v.69, p.195-203, 1986.
- ICAR: International agreement of recording practices. Appendices. 29th Meeting of the International Committee for Animal Recording. Ottawa, July – August 6, 1994.
- JAKOBSEN, J.H.; MADESEN, P.; JENSEN, J. et al. Genetic parameters for milk production and persistency for Danish Holstein estimated in random regression models using REML. *J. Dairy Sci.*, v.85, n.6, p.1606-1616, 2002.
- JAMROZIK, J.; KISTEMAKER, G.J.; DEKKERS, J.C.M. et al. Comparison of possible covariates for use in a random regression model for analyses of test day yields. *J. Dairy Sci.*, v.80, n.10, p.2550-2556, 1997a.
- JAMROZIK, J.; SCHAEFFER, L.R.; DEKKERS, J.C.M. Genetic evaluation of dairy cattle using test day yields and random regression model. *J. Dairy Sci.*, v.80, n.6, p.1217-1226, 1997b.
- JAMROZIK, J.; SCHAEFFER, L.R. Estimates of genetic parameters for a test day model with random regression for yield traits of first lactation Holstein. *J. Dairy Sci.*, v.80, n.4, p.762-770, 1997.
- JAMROZIK, J.; JANSEN, G.; SCHAEFFER, L.R. et al. Analysis of persistency of lactation calculates from a random regression test day model. Proc. Int. Workshop on Genetic Improvement of Functional Traits in Cattle. *Interbull Bull.*, v.17, p.64-69, 1998.
- JENSEN, J. Genetic evaluation of dairy cattle using test-day models. *J. Dairy Sci.*, V.84, n. 12, p. 2803-2812, 2001.
- KETTUNEN, A.; MÄNTYSAARI, E.A.; PÖSÖ, J. Estimation of genetic parameters daily milk yield of primiparous Ayrshire cows by random regression test-day models. *Livest Prod. Sci.*, v.66, p.251-261, 2000.
- KIRKPATRICK, M.; LOFSVOLD, D.; BULMER, M. Analysis of the inheritance, selection of growth trajectories. *Genetics*, v.124, p.979-993, 1990.
- LOPES, M.A.; NEIVA, R.S.; VALENTE, J. et al. Aplicação da função tipo gama

- incompleta no estudo da curva de lactação de vacas da raça Holandesa, variedade preta-e-branca, mantidas em sistema intensivo de produção. *R. Soc. Bras. Zootec.* v.25, n.6, p.1086-1101, 1996.
- MADSEN, O. A comparison of some suggested measures of persistency of milk yield in dairy cows. *Anim. Prod.*, v.20, p.191-197, 1975.
- MANDUJANO, M.I. *Alguns fatores genéticos como causa de variação da produção de leite e do período de lactação.* 1979. 64f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte, MG.
- MELO, C.M.R.; PACKER, I.U.; COSTA, C.N. et al. Parâmetros genéticos para produção de leite no dia do controle e da primeira lactação de vacas da raça Holandesa. *R. Bras. Zootec.*, v.34, n.3, p. 796-806, 2005.
- MEYER, K.; GRASER, H.U.; HAMMOND, K. Estimates of genetic parameters for first lactation test day production of Australian Black and White cows. *Livest. Prod. Sci.*, v.21, p.177-199, 1989.
- MEYER, K.; HILL, W. G. Estimation of genetic and phenotypic covariance functions for longitudinal or repeated records by restricted maximum likelihood. *Livest. Prod. Sci.* v.47, p.185–200, 1997.
- MISZTAL, I. REMLF90 *Manual.* 2001. Disponível em: <http://nce.ads.uga.edu/~ignacy/newprograms.html>/ Acesso em: março 2007.
- NOBRE, P.R.C.; MISZTAL, I.; TSURUTA, S. et al. Analyses of growth curves of Nelore cattle by multiple-trait and random regression models. *J. Anim. Sci.*, v.81, n.4, p. 918-926, 2003.
- OLORI, V.E.; HILL, W.G.; MCGUIRK, B.J. et al. Estimating variance components for test day milk records by restricted maximum likelihood with a random regression animal model. *Livest. Prod. Sci.*, v.61, p.53-63, 1999.
- PEIXOTO, M.G.C.D.; VERNEQUE, R. S.; TEODORO, R.L. et al. 2007. Programa Nacional de Melhoramento do Guzerá para leite: resultados do Teste de Progênie, do Arquivo Zootécnico Nacional e do Nucleio MOET. *Documentos 119.* Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, Brasil.
- PTAK, E.; SCHAEFFER, L.R. Use of test day yields for genetic evaluation of dairy sires and cows. *Livest. Prod. Sci.*, v.34, p.23-34, 1993.
- QUEIROZ, S.A.; FREITAS, M.A.R.; ALBUQUERQUE, L.G. et al. Fatores genéticos e de ambiente que influenciam os componentes da curva de lactação de bovinos da raça Holandesa. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.43, n.4, p.357-370, 1991.
- REKAYA, R.; CARBAÑO, M.J.; TORO, M.A. Use of test day yield for the genetic evaluation of production traits in Holstein-Friesian cattle. *Livest. Prod. Sci.*, v.57, p.203-217, 1999.
- SANTELLANO-ESTRADA, E.; DE ALBA, J.; CHANG, Y.M. et al. Lactation curve in Tropical Milking Criollo using random regression test-day models. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 8., 2006, Belo Horizonte. *Proceedings...* Belo Horizonte, 2006. Disponível em: http://www.wcgalp8.org.br/wcgalp8/articles/paper/16_942-1811.pdf Acesso em: nov. 2007.
- SCHAEFFER, L.R. 2001. Random regression.

<http://www.aps.uoguelph.ca/~lrs/ANSC637/LRS14/> Acessado em: set. 2007.

SCHAEFFER, L.R. Application of random regression models in animal breeding. *Livest. Prod. Sci.*, v.86, p.35–45, 2004.

STATON, T.L.; JONES, L.R.; EVERETT, R.W. et al. Estimating milk, fat, and protein lactation curves with a test day model. *J. Dairy Sci.*, v.75, n.6, p. 1691-1700, 1992.

SWALVE, H.H. Test day models in the analysis of dairy production data - a review. *Arch. Tierz. Dummerstorf*, v.38, n.6, p.591-612, 1995.

VAN DER WERF, J. H. J.; GODDARD, M. E.; MEYER K. The use of covariance functions and random regressions for genetic evaluation of milk production based on test day records. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.3300–3308, 1998.

VAN VLECK, M.D.; HENDERSON, C.R. Estimates of genetic parameters of some functions of part lactation milk records. *J. Dairy Sci.*, v.44, n.6, p. 1073-1084, 1961.

VASCONCELOS, J.L.M. *Estudo do efeito de alguns fatores fisiológicos e de meio sobre a produtividade de um rebanho mestiço Holandês*. 1985. 67f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte, MG.

WILMINK, J. B. M. Adjustment of test-day milk, fat, and protein yields for age season and stage of lactation. *Livest. Prod. Sci.* v.16, p.335–348, 1987.

WINKLER, R.; PENNA, V.M. O Guzerá. *Inf. Agropec.*, v.16, p.10-14, 1992.

WOOD, P.D.P. Algebraic model of lactation curve in cattle. *Nature*, v.216, n.5111, p.164-165, 1967.

WOOD, P.D.P. Factors affecting the shape of the lactation curve in cattle. *Anim. Prod.* v.11, n.3, p.307-316, 1969.

YADAV, S.B.S.; SHARMA, J.S. Functions for lactation curves in crossbred dairy cattle. *Indian J. Anim. Sci.*, v.55, n.1, p.42-47, 1985.