



**NOVAS FUNÇÕES PARA ESTIMAR A
PRODUÇÃO DE LEITE, EM 305 DIAS, DE
VACAS DA RAÇA GIR.**

GEOVANNE FERREIRA REBOUÇAS

2006

GEOVANNE FERREIRA REBOUÇAS

**NOVAS FUNÇÕES PARA ESTIMAR A PRODUÇÃO DE
LEITE EM, 305 DIAS, DE VACAS DA RAÇA GIR.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração Produção Animal, para a obtenção do título de "Mestre".

BIBLIOTECA CENTRAL

UFLA

Nº CLAS T636.2142

REB

1800

Nº REGISTRO 217535

DATA 17 / 05 / 07

Orientador

Prof. Tarcisio de Moraes Gonçalves

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2006

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos
Técnicos da Biblioteca Central da UFLA**

Rebouças, Geovanne Ferreira

Novas funções para estimar a produção de leite, em 305 dias, de vacas da
raça Gir / Geovanne Ferreira Rebouças. – Lavras : UFLA, 2006.

53 p. : il.

Orientador: Tarcisio de Moraes Gonçalves.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Leite. 2. Produção 3. Gado Gir. I. Universidade Federal de Lavras.

II. Título.

CDD-636.2142

GEOVANNE FERREIRA REBOUÇAS

**NOVAS FUNÇÕES PARA ESTIMAR A PRODUÇÃO DE
LEITE, EM 305 DIAS, DE VACAS DA RAÇA GIR.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração Produção Animal, para a obtenção do título de “Mestre”.

Aprovada em 07 de agosto de 2006

Prof. Dr. José Camisão de Souza	UFLA
Dr. Mario Luis Martinez	EMBRAPA
Prof (a). Dr (a). Nadja Gomes Alves	UFLA
Prof. Dr. Oiti José de Paula	CEFET-BAMBUÍ


Prof. Tarcísio de Moraes Gonçalves
UFLA
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

*A Deus, por iluminar cada dia da minha vida, sempre me abençoando.
Aos meus pais Eurípedes e Loiza por sempre me incentivarem, acreditarem em
mim e torcerem cada dia mais pelo meu sucesso.*

OFEREÇO

*Aos meus irmãos, Andréa e Leonardo, pelo amor e companheirismo.
A minha avó Elcy, pelo carinho e atenção.
Aos meus amigos, por estarem presentes em todos os momentos.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Eurípedes Rodrigues Rebouças e Loiza Helena Ferreira Rebouças, pela formação que me deram, transformando-me em um homem de caráter, honesto e respeitando sempre o próximo.

Aos meus irmãos, Andréa Ferreira Rebouças e Leonardo Ferreira Rebouças, que me tornam orgulhoso de ter uma família unida pelo amor, e que estão ao meu lado, sempre dispostos a dar conselhos ao irmão caçula.

A minha avó Elcy Pires Ferreira que, sempre presente, desempenha o papel da segunda mãe, sempre com palavras de carinho e afeto.

Ao meu orientador, Dr. Tarcisio de Moraes Gonçalves, pelos tantos ensinamentos, paciência, amizade, companheirismos e por ter assumido, em diversos momentos, o papel de pai, me cobrando e incentivando sempre, neste momento em que eu estava tão longe e carente de minha família.

Aos pesquisadores Dr. Mário Luis Martinez e Dr. Rui da Silva Verneque, por fornecerem as informações necessárias para a realização deste estudo.

A todos os membros da banca examinadora, pela participação, sugestões e contribuição para o engrandecimento do trabalho.

À Universidade Federal de Lavras e o Departamento de Zootecnia, por possibilitar as condições necessárias para o desenvolvimento do trabalho.

A todos os funcionários e professores do Departamento de Zootecnia que contribuíram, direta ou indiretamente, para que eu pudesse concluir mais esta etapa em minha vida.

A todas as minhas amigas do Departamento de Ciências Exatas que estiveram sempre presentes, me apoiando em todos os momentos, neste período de condução do trabalho.

Aos grandes amigos que fiz na cidade de Lavras, dentro ou fora da UFLA e que, em todos os momentos, me apoiaram e me incentivaram.

Aos meus amigos do Tocantins que, mesmo de longe, acreditaram em mim e sempre me deram grande apoio e incentivo para concluir esta jornada.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado.

“Não basta ensinar ao homem uma especialidade, porque se tornará assim uma máquina utilizável e não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser. A imaginação é mais importante que o conhecimento” (Albert Einstein).

ÍNDICE

	Pág
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1- A curva de lactação	4
2.2 - Características da curva de lactação	5
2.2.1 - Pico de lactação	5
2.2.2 - Persistência da lactação	6
2.3 - Modelos matemáticos estatísticos para estimação das curvas de lactação	8
3 MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Descrição dos dados	11
3.2 Derivação das funções e inferências estatísticas	15
3.3 Estimação dos parâmetros	18
3.4 Critérios utilizados para escolha de melhor ajuste	18
3.4.1 Coeficiente de determinação R	18
3.4.2 Teste ou estatística durbin-watson	19
3.4.3 Desvio padrão residual	20
3.4.4 Teste ou estatística de theil	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Ajuste da função	24
4.2 Descrição dos parâmetros das novas funções	33
4.3 Outras Abordagens do estudo	40
5 CONCLUSÃO	45
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

ÍNDICE DE TABELAS

	Pág
Tabela 1 - Médias ajustadas da produção de leite em kg (Prod), pelo método dos mínimos quadrados, no dia do controle leiteiro (DL) para vacas da raça Gir, pertencentes aos rebanhos de nível de produção alto, paridas na estação seca e das águas, nas ordens de parição (OP= 1 a 5 e > 5).	13
Tabela 2 - Médias ajustadas da produção de leite em kg (Prod), pelo método dos mínimos quadrados, no dia do controle leiteiro (DL), para vacas da raça Gir, pertencentes aos rebanhos de nível de produção baixo, paridas na estação seca e das águas, nas ordens de parição (OP= 1 a 5 e > 5).	14
Tabela 3 - Número de lactações (N), teste de Durbin-Watson (DW), Desvio padrão Residual (DPR), Coeficiente de Determinação (R²), Quadrado Médio do Erro de Estimção (QMEE) e estatística de Theil, (U^M , U^V e U^C), de vacas da raça Gir provenientes de rebanhos com níveis de produção alto e baixo, paridas na estação seca e das águas nas ordens de parição (OP = 1 a 5 e > 5).	25

Tabela 4 - Parâmetros estimados das novas funções, produção de leite aos 305 dias de lactação (Y_{305}), parâmetro d e o parâmetro n , para vacas da raça Gir, provenientes de rebanhos com níveis de produção alto e baixo, paridas na estação seca e das águas nas ordens de parição ($OP = 1$ a 5 e > 5).

34

Tabela 5 - Idade média ao parto (**IDPM**), produção de leite estimada aos 305 dias de lactação (Y_{305}), dias até o último controle leiteiro observado (**UC**), produção de leite total acumulada (**P. Ac.**), tempo de ocorrência do pico da lactação (T_m) e produção de leite no dia do pico (Y_m), para vacas da raça Gir provenientes de rebanhos com níveis de produção alto e baixo, paridas na estação seca e das águas, nas ordens de parição ($OP = 1$ a 5 e >5).

37

Tabela 6 - Estimativa da Produção de leite em 305 dias de lactação e diferença (**DIF**) da produção de leite aos 305 dias de lactação entre as estações de parição nas águas e seca, para vacas da raça Gir provenientes de rebanhos com níveis de produção alto e baixo nas ordens de parição ($OP = 1$ a 5 e > 5).

42

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1 - Dispersão dos resíduos para as curvas de lactação de vacas da raça Gir, pertencentes a rebanhos com nível de produção alto e baixo, nas estações de parição seca (Esquerda) e das águas (Direita), nas ordens de parição (OP = 1, ■; OP = 2, ◇; OP = 3, ▲; OP = 4, x; OP = 5, — e OP > 5, ●).	26
Figura 2 - Produção de leite diária observada (■) e estimada (▲) de vacas da raça Gir, pertencentes a rebanhos com nível de produção alto, paridas na estação seca, nas ordens de parição (OP = 1 a 5 e > 5).	29
Figura 3 - Produção de leite diária observada (■) e estimada (▲) de vacas da raça Gir, pertencentes a rebanhos com nível de produção alto, paridas na estação das águas, nas ordens de parição (OP = 1 a 5 e > 5).	30
Figura 4 - Produção de leite diária observada (■) e estimada (▲) de vacas da raça Gir, pertencentes a rebanhos com nível de produção baixo, paridas na estação seca, nas ordens de parição (OP = 1 a 5 e > 5).	31
Figura 5 - Produção de leite diária observada (■) e estimada (▲) de vacas da raça Gir, pertencentes a rebanhos com nível de produção baixo, paridas na estação das águas, nas ordens de parição (OP = 1 a 5 e > 5).	32

Figura 6 - Curvas de lactação de vacas da raça Gir, pertencentes a rebanhos com nível de produção alto, nas estações de parição seca e da águas, nas ordens de parição (OP = 1, ■; OP = 2, ◊; OP = 3, ▲; OP = 4, x; OP = 5, — e OP > 5, ●).

35

Figura 7 - Curvas de lactação de vacas da raça Gir, pertencentes a rebanhos com nível de produção baixo, nas estações de parição seca e da águas, nas ordens de parição (OP = 1, ■; OP = 2, ◊; OP = 3, ▲; OP = 4, x; OP = 5, — e OP > 5, ●).

36

Figura 8 - Curva de lactação acumulada de vacas da raça Gir, pertencentes a rebanhos com nível de produção alto (Prod Alto) e nível de produção baixo (Prod Baixo), nas estações de parição seca (Parto Seca) e da águas (Parto Águas), nas ordens de parição (OP = 1 a 5 e > 5).

39

Figura 9 - Produção de leite em 305 dias de vacas da raça Gir, nas duas classes de nível de produção (Alto e Baixo), nas duas estações de parição (Seca e Águas), nas ordens de parição (OP = 1 a 5 e > 5).

43

Figura 10 - Estimativa das produções de leite em 305 dias de lactação, no decorrer da lactação, de vacas da raça Gir, pertencentes a rebanhos com nível de produção alto (Prod Alto) e nível de produção baixo (Prod Baixo), nas estações de parição seca (Parto Seca) e das águas (Parto Águas), nas ordens de parição (OP = 1 a 5 e > 5).

44

RESUMO

REBOUÇAS, Geovanne Ferreira. **Novas funções para estimar a produção de leite, em 305 dias, de vacas da raça gir.** 2006. 53 p. Dissertação (Mestrado e Zootecnia e Produção Animal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG.¹

Os objetivos deste estudo são, a partir da forma generalizada da função de Michaelis-Menten, derivar novas funções, acumulada e diária, para estimar a produção de leite, em 305 dias de lactação, de vacas da raça Gir, usando informações de produção de leite no dia do controle leiteiro e comprovar estatisticamente se as novas funções se ajustam bem aos dados. Foram utilizadas 7.412 lactações de 3.416 vacas da raça Gir com partos de 1987 a 2004, distribuídos em 51 rebanhos participantes do Programa Nacional de Melhoramento Genético do Gir Leiteiro, coordenado pela Embrapa Gado de Leite (CNPGL) e pela Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL). Foram ajustados os modelos para as subclasses nível de produção (Alto ≥ 2.628 kg de leite na lactação; Baixo < 2.628 kg de leite na lactação), estação de parição (Seca e Águas) e ordem de parição (OP 1 a 5 e > 5). Os valores do Desvio Padrão Residual (DPR) variaram de 0,131 a 0,984, do Coeficiente de Determinação (R^2) foram próximos de um e de Durbin-Watson (DW) foram próximos de dois. A estatística de Theil (U) apresentou valores de U_M e U_V próximos de zero e de U_C próximos de um, sugerindo acurácia das estimativas. Estes resultados indicam um bom ajuste da função. A persistência da lactação relaciona-se com o parâmetro d e o tempo de ocorrência do pico da lactação se relaciona simultaneamente com os parâmetros d e n . Conclui-se, então que, as novas funções ajustam-se bem a lactações de vacas da raça Gir e são caracterizadas pela simplicidade no procedimento de ajuste, facilidade de interpretação biológica dos parâmetros e flexibilidade, ou seja, é possível a partir da função diária obter a função acumulada. As novas funções apresentam-se como funções alternativas para projetar lactações não encerradas, com a possibilidade de serem utilizadas na avaliação genética de animais, em programas de melhoramento genético.

¹ Comitê de orientação: Prof. Tarcisio de Moraes Gonçalves - DZO/UFLA (orientador); Dr Mario Luis Martinez – EMBRAPA; Dr Rui da Silva Verneque – EMBRAPA.

ABSTRACT

REBOUÇAS, Geovanne Ferreira. **New function to predict the 305-day milk yield of Gir breed.** 2006. 53 p. Dissertation ((Master in Animal Science and Animal Production) – Federal University of Lavras - MG.¹

Objectives of this study are, from the Michaelis-Menten equation, derive new accumulated and daily functions, to estimate the 305-day milk yield of dairy Gir cows (*Bos indicus*), using information of daily production, and check if the new equation adjust well to the data. A total of 7,412 lactations from 3,416 Gir cows in 51 herds, over the period from 1987 to 2004, participants of the National Program of Breeding of Dairy Gir, coordinated by National Center of Dairy Research (EMBRAPA) and the Brazilian Association of Dairy Gir Breeders (ABCGIL) were used. The models were adjusted for the subclasses level of herd production (High and Low), calving season (dry e rainy) and parity order (OP 1 to 5 and > 5). The values of the Residual Standard Desviation (DPR) varied from 0,131 to 0,984, of the Coefficient of Determination (R^2) were close of one and of Durbin-Watson (DW) they were close of two. The statistics of Theil (U) it presented values of U_M and U_V close of zero and of U_C close of one, suggesting that the estimates ware accurated. These results indicate a good adjustment of the function. The persistence of the lactation is related with the parameter d and the time of the lactation pick is related simultaneously with the parameters d and n. We conclude, therefore, the new functions are adjusted to lactations curves of Gir breed cows and they are characterized by the simplicity of the fitting procedure, biological interpretability of parameters and flexibility, which means, it is possible to convert the daily function to the accumulated function. The new functions come as an alternative to project lactation production in case unfinished lactations, with the purpose to be used in animal breeding programs.

¹ **Guidance Committee:** Prof. Tarcisio de Moraes Gonçalves - DZO/UFLA (Adviser); Dr Mario Luis Martinez – EMBRAPA; Dr Rui da Silva Verneque – EMBRAPA.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, na moderna exploração leiteira, um rígido controle da produção é fator determinante para o sucesso da atividade. Uma forma prática e consistente de obter este controle é por meio do estudo da curva de lactação dos animais.

A curva de lactação é caracterizada pela produção de leite ao longo da lactação e pode ser dividida em três fases. A primeira é ascendente e ocorre entre o parto e o pico de lactação, a segunda é relativamente constante e ocorre ao redor do pico de lactação e a terceira fase, descendente, vai do pico de lactação ao término dela com, aproximadamente, 305 dias.

O conhecimento da forma da curva de lactação é importante por várias razões: 1) nos sistemas de manejo em que a dieta é feita com base nas produções prévias dos animais, vacas que apresentam curvas de lactação com maior persistência necessitam de dietas de menor qualidade e, para vacas que têm o mesmo nível de produção e curvas menos persistentes, a dieta deve ser de melhor qualidade para que o animal consiga manter uma maior persistência da produção; 2) altas produções de leite, no período inicial da lactação, levam a um esforço fisiológico extra por parte dos animais, causando, frequentemente, diminuição no desempenho reprodutivo e aparecimento de doenças de origens metabólicas. No entanto, moderada produção, neste período, combinada com maior persistência da lactação, é preferida a alta produção no início da lactação, com rápidos declínios da produção de leite subsequente; 3) o melhor conhecimento da provável curva de lactação das vacas permite alimentação mais eficiente, pois maiores respostas à alimentação são mais facilmente observadas quando as vacas são agrupadas de acordo com sua produtividade ao longo da lactação. O conhecimento da curva de lactação de um animal pode, então, ajudar o pecuarista na adequação de técnicas de alimentação e manejo, na seleção de animais de

acordo com um padrão desejável e no descarte de animais que não atingem os índices de produção mínimos preestabelecidos de acordo com sua capacidade de produção.

Dentre as principais aplicações para o conhecimento e a utilização das curvas de lactação de um rebanho pode-se citar aquela relacionada com a forma da curva de lactação, que está relacionada com os parâmetros da função utilizada, e pode ser utilizada em programas de melhoramento animal, buscando o aumento da eficiência produtiva e econômica do rebanho. Outra aplicação está na estimação da produção total de leite, por meio de produções parciais medidas em fases iniciais, contribuindo para a identificação dos animais mais produtivos antes de se completar toda a lactação. É possível, então, selecionar precocemente fêmeas mais produtivas e touros submetidos a testes de progênie, contribuindo para a diminuição do intervalo de gerações, com reflexo no ganho genético anual.

Existem, atualmente, muitas funções que estimam a produção leiteira diária dos animais, porém, nenhuma função apresentada até o momento estima a produção de leite acumulada dos animais ainda em lactação. A importância dessa função pode ser caracterizada, principalmente, pela obtenção imediata da produção de leite total em um tempo determinado da lactação, não sendo necessária a multiplicação da produção média pelo número de dias transcorridos da lactação.

Em muitos estudos de comparação de modelos para estimar a produção de leite é preciso estimar a produção de leite total durante um tempo de lactação fixo, principalmente aos 305 dias. Também para propósitos de seleção é importante ser capaz de estimar a produção de leite aos 305 dias em uma fase inicial da lactação. Embora haja várias funções para descrever a curva de lactação diária, como a função de Wood ou Gamma incompleta (Wood, 1967), as funções multifásicas (Koops et al., 1987), a função de Wilmink (1987) e a função de Shaeffer & Dekkers (1994), dentre outras, a maioria destas funções não tem

integral conhecida necessária para o estudo de produções acumuladas. Assim, para que se possam fazer estudos da produção acumulada, torna-se necessária a derivação de funções específicas.

Os objetivos deste estudo são, a partir da forma generalizada da função de Michaelis-Menten, derivar simultaneamente novas funções, acumulada e diária, para estimar a produção de leite em 305 dias de lactação de vacas da raça Gir, usando informações de produção de leite no dia do controle leiteiro e comprovar estatisticamente se as novas funções se ajustam bem aos dados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A curva de lactação

A tentativa de descrever a variação da produção de leite ao longo da lactação tem sido foco de estudo para muitos pesquisadores há algumas décadas, porém, melhores resultados têm sido obtidos nos últimos anos.

O termo “curva de lactação” refere-se a uma representação gráfica da variação na produção de leite diária de uma vaca, em função da duração da lactação e pode ser usada para estimar a produção de leite em qualquer período ou no transcorrer da lactação (Cheema & Basu, 1983 e Duraes et al., 1991).

A quantidade de leite que uma vaca produz por um determinado período pode determinar sua eficiência biológica e econômica para propósitos de alimentação e seleção (Grossman & Koops, 1988), por isso, é importante conhecer as curvas de lactação dos bovinos leiteiros.

As curvas das lactações podem ser usadas para estimar produções totais de leite a partir de registros incompletos, sendo, então, possível detectar quando um rebanho ou uma vaca desviam-se do desempenho esperado (Morant & Gnanasakthy, 1989).

A estimativa da produção total de uma vaca ainda em lactação permite ao produtor identificar antecipadamente o seu potencial produtivo, facilitando as tomadas de decisões sobre manejo e descarte, além de permitir o uso de um maior número de filhas na avaliação de reprodutores (El Faro, 1996).

As lactações diferem na sua duração em produções iniciais, produção máxima ou pico de produção e na taxa de decréscimo após o pico, que é definida como persistência (Pineda, 1987).

Um gráfico de produção diária é dividido em três segmentos: o aumento da produção do parto até, aproximadamente, 35 dias; o pico de lactação ou a

produção máxima observada e o declínio contínuo do pico até a fase final da lactação, quando, então, a vaca encerra sua produção (Ali & Shaeffer, 1987).

É muito importante conhecer detalhadamente as características da curva de lactação, como o pico de produção e a persistência da lactação, para que se possa determinar a sua forma mais desejável, para estudos com funções que estimem a produção em diferentes fases da lactação, pois produções totais equivalentes podem provir de curvas com diferentes formatos. Dessa forma, o estudo das curvas das lactações objetiva uma geral melhora no controle da produção, visando ao aumento da produção total e, conseqüentemente, maior retorno econômico da atividade.

2.2 Características da curva de lactação

2.2.1 Pico de lactação

O pico de lactação é definido como a produção máxima de leite alcançada em um dia específico da lactação (Wood, 1967). Ele pode ser facilmente visualizado em um gráfico, sendo o ponto de inflexão de uma curva.

Alguns autores observaram que a ocorrência do pico se dá nos primeiros dois meses de lactação para vacas Holandesas (Wood, 1967, 1968) e outros relataram sua ocorrência até os três meses de lactação, para vacas da raça Hariana (Sing & Tomar, 1983).

O pico ocorre mais cedo em animais criados nas regiões de clima tropical, principalmente em animais de raças zebuínas (Duraes et al., 1991 e Madalena et al., 1979). Nessas regiões, as curvas de lactação, tanto de vacas zebuínas quanto de vacas taurinas, tendem a ser mais lineares ou a se iniciarem com a máxima produção (Bianchini Sobrinho, 1984).

Vacas zebuínas ou cruzadas tendem a apresentar curvas de lactação iniciando no pico de produção, ou sem a fase de inclinação do parto ao pico (Papajcsik & Boderó, 1988).

Resultados de animais apresentando o pico de produção entre o primeiro e o segundo mês de lactação foram obtidos por Gonçalves (1996) e Madalena et al. (1979) estudando vacas da raça Gir e mestiças, respectivamente.

O maior problema no ajuste de qualquer curva de lactação é que o pico de produção ocorre poucas semanas após o parto e, às vezes, tem-se pouca informação nesse período, o que dificulta a estimativa dos parâmetros que se relacionam com o pico (Cobby & Le Du, 1978).

É muito importante o estudo do pico de produção para descobrirmos o formato mais desejável da curva de lactação. Ele pode ser facilmente visualizado em um gráfico representando uma lactação, sendo o ponto de inflexão de uma curva.

2.2.2 Persistência da lactação

É necessário o conhecimento de outras características da curva de lactação, além do pico, como a persistência da lactação, pois, a partir do pico, a produção tende a cair numa taxa mais ou menos constante até o fim da lactação, que coincide com o período em que a vaca prepara-se para uma nova lactação (Keown & Van Vleck, 1972).

Existem, na literatura, inúmeras definições para a persistência da lactação, dentre elas, a extensão pela qual a produção máxima na lactação é mantida (Wood, 1967). Sanders (1930) descreve a persistência como a taxa em que a produção de leite diminui a partir da produção máxima; já Gengler (1996) menciona a habilidade do animal em manter mais ou menos constante a produção de leite durante a lactação, enquanto Grossman et al. (1999) relatam a

persistência como sendo o número de dias em que um nível constante de produção de leite é mantido.

A produção total de leite se dá em função da persistência da lactação, do pico de produção de leite e da duração da lactação (Ludwick & Petersen, 1943). Wood (1967) considera a persistência da lactação como o principal componente da curva de lactação.

Em estudos de curva de lactação podemos dizer que uma vaca apresenta uma lactação mais persistente que a outra se a curva apresentar menor declínio após o pico de produção na lactação e se compararmos vacas com produções semelhantes no início da lactação, geralmente as vacas que apresentam maior persistência na lactação alcançam uma maior produção total do que vacas com menor persistência.

Resultados de diversos trabalhos têm mostrado que a persistência sofre influência de fatores não-genéticos. Os principais fatores não-genéticos que interferem na persistência são idade da vaca ao parto, ordem de parto e estação de parição (Dhaka & Chaudhary, 1994; Gengler, 1996; Lean et al., 1989 e Madsem, 1975).

A maior parte dos trabalhos que estudam a influência da idade da vaca ao parto e da ordem de parto na persistência da lactação tem mostrado que a persistência na primeira lactação é maior do que nas demais lactações (Cobucci et al., 2001; Danell, 1982; Gama et al., 1994; Madsem, 1975; Shanks et al., 1981; Solkner & Fuchs, 1987 e Tekelli et al., 2000).

A persistência da lactação diminui com o avançar da idade da vaca ao parto, o que indica que vacas mais jovens apresentam maiores graus de persistência do que as vacas mais velhas (Kumar et al., 1999).

Os fatores ambientais também podem interferir no comportamento da persistência da curva de lactação. Vários estudos confirmam a influência da

estação de parto da vaca sobre a persistência na lactação (Ferris et al., 1985; Gonçalves et al., 1997; Grossman et al., 1986; Kumar et al., 1999; Madsen, 1975; Solkner & Fuchs, 1987 e Tukurli et al., 2000).

O melhoramento em gado de leite busca, de maneira geral, aumentar a produção de leite e conseqüentemente os retornos econômicos da atividade. Uma forma de obter controle da produção e aumentar o retorno econômico é conhecer a importância econômica dos fatores que interferem na produção. No caso da persistência da lactação, sua importância está relacionada com a redução de custos no sistema de produção. Basicamente, há dois caminhos pelos quais os custos de produção podem ser reduzidos. O primeiro está associado à redução de custos com alimentação dos animais, em que parte da alimentação concentrada pode ser substituída pela adição de volumoso (Solkner & Fuchs, 1987). O segundo está relacionado com a redução dos custos, devido à minimização de problemas relativos à saúde e à reprodução animal (Grossman et al., 1999; Madsem, 1975; Reents et al., 1996 e Solkner & Fuchs, 1987).

2.3 Modelos matemáticos estatísticos para estimação das curvas de lactação

A importância da curva de lactação reside na caracterização ampla da produção do animal durante toda a lactação, podendo ser identificados tempo de ascensão ao pico, pico de produção, tempo de queda (persistência da produção ou da lactação), duração da lactação, além de quedas bruscas de produção, respostas a dietas, manejo, etc.

A previsão da produção leiteira do animal deve ser representada por uma curva de lactação estimada, fornecendo, com isso, subsídios para a implantação de um manejo correto e também para o auxílio na seleção de animais com determinadas características desejáveis.

A seleção de animais que sejam bons produtores de leite é convencionalmente baseada na produção total de leite. No entanto, a mesma quantidade de leite pode ser produzida por diferentes formas de curva de lactação e com diferentes eficiências. A forma da curva de lactação é um assunto em debate que deve ser ponderado do ponto de vista genético, nutricional e fisiológico, de forma a atender aos objetivos econômicos.

Um dos primeiros trabalhos a propor uma função para descrever a curva de lactação foi o de Brody et al. (1923), o qual, segundo Wood (1967) não proporciona um ajuste adequado, pois não considera o pico da lactação.

A função gamma incompleta foi um novo modelo proposto por Wood (1967), podendo ser usada para um único animal ou para um grupo de animais. Por meio da verificação da análise de resíduos, Cobby & Le Du (1978) mostraram que este modelo tendia a superestimar a produção no início e no final da lactação e subestimar no meio dela.

Ao comparar várias funções para descrever curvas de lactação de animais da raça Gir, Bianchini Sobrinho (1984) propôs a função linear hiperbólica. Esse autor observou que, ao se comparar algumas funções matemáticas estatísticas, a função linear hiperbólica apresentou qualidade de ajuste inferior à quadrática logarítmica, embora tenha descrito melhor a curva de lactação, quando comparada com as funções polinomiais inversas e gamma incompleta.

Um modelo de regressão múltipla, o qual leva em consideração parâmetros relacionados à produção em 305 dias, ao pico de produção e ao formato da curva, foi estudado por Ali & Schaeffer (1987).

Trabalhos de De Boer et al. (1989), Sherchand et al. (1995) e Vargas et al. (2000) têm evidenciado que a função difásica é a que fornece estimativas da produção de leite com maior acurácia.

A regressão aleatória é um método de ajuste de curvas que leva em consideração os efeitos fixos (como rebanho, idade, número de lactações, etc.) e efeitos variáveis (aleatórios) de animal para animal, determinando curvas de produção diferentes para cada um. A regressão aleatória tem sido amplamente utilizada em bovinos (Jamrozik et al., 1997).

Em um estudo com vacas da raça Holandesa, Gonçalves et al. (2002) mostraram que a função difásica ajustou-se adequadamente aos dados de produção de leite, podendo ser usada para estimar produções em trabalhos de seleção.

A estimativa da curva de lactação em bovinos por meio de regressão aleatória com variâncias conhecidas é mais eficiente do que a estimativa obtida pelo método dos quadrados mínimos ordinários, segundo estudo feito por Ferreira & Bearzoti (2003).

Embora muitos autores tenham estudado modelos que ajustam a produção leiteira diária, não se encontram, na literatura, estudos de modelos que ajustam a produção acumulada e ou a conversão de modelos ajustados da produção diária para a produção acumulada. Isso pode ser importante para a predição imediata da produção de leite em um tempo determinado da lactação.

Modelos estatísticos não-lineares normalmente são utilizados para descrever curvas de lactação quando ajustados a dados decorrentes de produção de leite em intervalos consecutivos de tempo. Esses modelos, geralmente, apresentam parâmetros relacionados com a taxa crescente de produção até um máximo, denominado de pico e uma taxa decrescente de produção menos acentuada após este máximo, as quais lhe conferem a não-linearidade paramétrica. Por meio das funções desses parâmetros, outras importantes características da curva de lactação podem ser obtidas, como a produção de leite no pico, o tempo de permanência no pico, a produção total de leite e a persistência da lactação.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados utilizados no presente estudo são provenientes de rebanhos da raça Gir explorados para leite e participantes do Programa Nacional de Melhoramento Genético do Gir Leiteiro, coordenado pela Embrapa Gado de Leite (CNPGL) e pela Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL).

3.1 Descrição dos dados

Após uma análise preliminar dos dados, foram feitas algumas eliminações, de acordo com os seguintes critérios:

- a) rebanhos com menos de 10 vacas em lactação por ano;
- b) animais sem data de nascimento ou data da primeira parição;
- c) eliminação das lactações com ausência de controles leiteiros;
- d) animais com menos de três controles leiteiros;
- e) lactações com intervalo de controles leiteiros superior a 75 dias, antes de completar os 305 dias de lactação;
- f) eliminação das lactações que não continham data de encerramento;
- g) lactações que não estavam em seqüência, ou seja, para animais com a 1^a, 2^a, 3^a e 5^a lactação, neste caso foi eliminada a 5^a por não se dispor de dados sobre a 4^a lactação, ou seja, estava fora de seqüência.

Após essas eliminações, restaram 7.412 lactações de 3.416 vacas da raça Gir, cujos partos aconteceram no período de 1987 a 2004, distribuídos em 51 rebanhos.

A preparação dos dados foi realizada no Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), utilizando-se o programa Statistical Analysis System (SAS) (1996).

A primeira etapa do trabalho consistiu na realização de uma análise de variância para se determinar quais os fatores não-genéticos exerciam influência sobre as produções de leite no dia do controle leiteiro. Todas as produções no dia do controle leiteiro foram corrigidas simultaneamente para os efeitos não-genéticos de: ano de parição (1987 a 2004), estação de parição, rebanho, ordem de parição e número do controle leiteiro. O efeito não-genético de rebanho foi classificado em função das médias de produção de leite em 305 dias, para vacas que pariram com até 60 meses de idade, em duas classes de produção: baixa (rebanhos com produção de leite em 305 dias menor que 2.628 kg) e alta (rebanhos com produção de leite em 305 dias maior ou igual a 2.628 kg).

Duas classes de estações de parição foram consideradas: estação da seca (meses de parição de abril a setembro) e estação das águas (meses de parição de outubro a março) e foram adotadas as seguintes classes de ordem de parição: um a cinco ($OP = 1$ a 5), e a média das ordens de parição maiores que cinco ($OP > 5$).

As médias de produção de leite no dia dos 11 controles leiteiros considerados foram ajustadas pelo método dos mínimos quadrados, em função das subclasses nível de produção, estação de parição e ordem de parição, e são apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Médias ajustadas da produção de leite em kg (Prod), pelo método dos mínimos quadrados, no dia do controle leiteiro (DL) para vacas da raça Gir, pertencentes aos rebanhos de nível de produção alto, paridas na estação seca e das águas, nas ordens de parição (OP= 1 a 5 e > 5).

Ordens de Parição											
1		2		3		4		5		> 5	
Prod	DL	Prod	DL	Prod	DL	Prod	DL	Prod	DL	Prod	DL
Estação de Parição Seca											
10,71	24	14,24	24	15,84	24	17,33	24	17,64	22	16,55	23
11,91	56	14,58	55	15,82	54	17,89	54	18,59	52	16,20	52
11,62	87	13,67	87	14,31	84	16,18	85	17,02	83	14,90	84
11,18	120	12,77	118	13,36	115	15,01	116	15,50	114	13,81	114
10,58	152	12,04	150	12,69	146	13,78	149	14,40	145	13,07	145
10,08	182	11,27	180	11,62	177	12,84	181	13,64	177	12,07	176
9,39	211	10,40	211	11,00	208	11,94	211	11,87	208	10,63	208
8,89	241	9,34	240	10,03	238	11,27	242	11,14	237	9,44	238
8,39	271	8,84	270	9,04	267	9,80	271	10,54	269	8,21	269
7,78	301	8,17	299	8,09	297	9,38	300	9,25	302	6,97	299
7,49	345	7,76	338	7,49	337	8,53	340	9,28	343	6,10	338
Estação de Parição nas Águas											
11,53	25	14,65	23	16,38	23	16,55	23	17,86	25	18,00	25
12,46	57	15,16	54	16,32	55	17,30	55	18,28	57	17,81	57
11,93	88	14,42	86	15,04	86	16,46	87	16,71	89	16,54	89
11,19	119	13,25	117	14,20	117	14,80	118	15,41	120	15,60	119
10,54	151	12,04	148	12,87	147	13,25	150	13,60	152	13,90	148
9,97	182	11,09	179	11,52	179	11,35	180	12,48	184	13,15	179
9,49	213	9,99	210	10,54	209	10,42	212	11,04	216	12,22	209
9,03	243	9,10	241	9,38	239	9,21	242	9,81	246	11,11	240
8,98	273	8,53	272	8,71	270	9,17	271	9,44	274	10,84	270
8,61	306	8,38	302	8,51	300	8,55	300	9,54	302	8,15	297
8,61	345	7,92	342	7,91	338	6,71	340	10,22	334	8,19	340

(1) rebanhos com produção de leite em 305 dias maior ou igual a 2.628 kg, para vacas com primeiro parto em até 60 meses; (2) rebanhos com produção de leite em 305 dias menor que 2.628 kg, para vacas com primeiro parto em até 60 meses; (3) meses de parição de abril a setembro; (4) meses de parição de outubro a março.

Tabela 2 - Médias ajustadas da produção de leite em kg (Prod), pelo método dos mínimos quadrados, no dia do controle leiteiro (DL), para vacas da raça Gir, pertencentes aos rebanhos de nível de produção baixo, paridas na estação seca e das águas, nas ordens de parição (OP= 1 a 5 e > 5).

Ordens de Parição											
1		2		3		4		5		> 5	
Prod	DL	Prod	DL	Prod	DL	Prod	DL	Prod	DL	Prod	DL
Estação de Parição Seca											
8,44	23	11,31	22	12,59	21	12,69	21	12,56	21	13,13	22
8,45	54	10,76	53	11,97	51	12,20	52	12,26	52	12,16	53
7,89	86	10,13	85	10,95	83	11,16	82	11,01	82	10,72	84
7,66	116	9,39	116	10,10	114	10,20	112	10,13	112	10,05	114
7,20	148	8,81	147	9,42	145	9,58	142	9,56	142	9,31	143
6,87	178	8,35	178	8,70	176	8,74	172	8,75	173	8,90	173
6,52	208	7,76	208	8,16	206	8,18	202	8,00	201	8,01	203
6,17	236	7,13	236	7,65	233	7,54	231	7,37	231	7,03	233
5,96	263	6,65	263	7,01	261	6,92	260	6,85	260	6,24	262
5,83	288	6,37	289	6,47	287	6,40	287	6,67	290	6,19	289
5,89	329	6,45	332	6,31	331	6,16	330	6,46	333	5,62	327
Estação de Parição nas Águas											
8,66	23	11,96	21	12,89	21	13,80	20	13,94	21	13,72	21
8,51	55	11,44	52	12,20	53	12,67	50	13,30	50	13,11	49
7,90	87	10,32	83	10,91	83	11,77	80	11,77	81	11,21	79
7,40	118	9,33	113	9,93	113	10,52	111	10,96	110	9,91	109
6,90	149	8,50	144	9,25	145	9,54	141	9,75	141	8,63	139
6,48	181	7,85	175	8,28	176	8,84	170	8,77	172	7,87	170
6,12	212	7,41	205	7,59	207	8,08	200	7,80	203	7,34	200
5,97	241	6,96	233	7,42	235	7,28	228	7,34	232	6,44	230
5,87	268	6,77	259	7,02	263	7,11	259	7,25	264	5,90	259
5,84	293	6,70	286	6,82	291	6,68	285	6,94	288	5,95	290
6,04	338	6,62	327	6,60	338	6,62	334	7,10	331	6,03	333

(1) rebanhos com produção de leite em 305 dias maior ou igual a 2.628 kg, para vacas com primeiro parto em até 60 meses; (2) rebanhos com produção de leite em 305 dias menor que 2.628 kg, para vacas com primeiro parto em até 60 meses; (3) meses de parição de abril a setembro; (4) meses de parição de outubro a março.

3.2 Derivação das funções e inferências estatísticas

Para o estudo das curvas de lactação acumulada e diária foi usada a função generalizada de Michaelis Menten (Neal & Thornley, 1983).

$$f(y|t) = \frac{a}{1 + (d/t)^n} + \varepsilon \quad [1]$$

em que $f(y|t)$ é a produção de leite y acumulada, dado o dia t da lactação; a é a produção estimada quando t for infinito; d é o tempo t em que a é 0,5 e n é o parâmetro relativo à inflexão (declividade) da função.

Para se obter uma estimativa direta (Y_{305}) da produção em 305 dias, o parâmetro a é substituído por $Y_{305} \left[1 + \left(\frac{d}{305} \right)^n \right]$. Resultando em:

$$f(y|t) = Y_{305} \frac{1 + \left(\frac{d}{305} \right)^n}{1 + \left(\frac{d}{t} \right)^n} + \varepsilon \quad [2]$$

Assim, a nova função [2], reparametrizada, pode ser usada para descrever a produção de leite acumulada:

A função [2] representa a quantidade de leite produzida no dia t , que é a produção acumulada no período de 0 até o dia t . Porém, na prática, a produção de leite de vacas é, habitualmente, medida em kg de leite por dia, a intervalos de 2, 3 ou 4 semanas durante lactação (controle leiteiro). Assim, derivando-se a função [2], pode-se chegar a uma nova função que descreve a produção de leite diária:

$$f(y|t) = Y_{305} \frac{1 + \left(\frac{d}{305}\right)^n}{1 + \left(\frac{d}{t}\right)^n} + \varepsilon \quad [2]$$

Fazendo $B = 1 + \left(\frac{d}{305}\right)^n$ tem-se:

$$Y_t = Y_{305} \frac{B}{\frac{t^n + d^n}{t^n}} \quad [3]$$

$$Y_t = Y_{305} \frac{t^n B}{t^n + d^n} \quad [4]$$

Derivando a expressão [4] tem-se:

$$Y' = Y_{305} \frac{(t^n + d^n)nt^{n-1}B - t^n Bnt^{n-1}}{(t^n + d^n)^2} \quad [5]$$

Colocando-se o termo $a.nt^{n-1}$ e elevando-se ao quadrado o denominador da expressão [5], tem-se:

$$Y' = Y_{305} \frac{Bnt^{n-1}(t^n + d^n - t^n)}{t^{2n} + 2t^n d^n + d^{2n}}$$

$$Y' = Y_{305} \frac{Bnt^{n-1}d^n}{t^{2n} + 2t^nd^n + d^{2n}} \quad [6]$$

Fatorando-se o denominador da expressão [6], tem-se:

$$Y' = Y_{305} \frac{Bnt^{n-1}d^n}{(t^n + d^n)(t^n + d^n)} \quad [7]$$

Colocando-se t^n do primeiro parêntese e d^n do segundo parêntese da expressão [7] em evidência, tem-se:

$$Y' = Y_{305} \frac{n}{t} \frac{Bd^n}{t^nd^n \left[1 + \left(\frac{d}{t} \right)^n \right] \left[1 + \left(\frac{t}{d} \right)^n \right]} \quad [8]$$

Simplificando-se a expressão [8] e substituindo-se o valor de B, tem-se:

$$Y_t = Y_{305} \frac{n}{t} \frac{1 + \left(\frac{d}{305} \right)^n}{\left[1 + \left(\frac{d}{t} \right)^n \right] \left[1 + \left(\frac{t}{d} \right)^n \right]} + \varepsilon \quad [9]$$

Assim, a equação [9] é a segunda nova função obtida e pode ser usada para descrever a produção de leite diária.

Os pontos críticos da função [9], produção de leite no pico (Y_m) e o tempo de ocorrência do pico (t_m), são obtidos por:

$$y_m = Y_{305} \frac{n+1}{4nt_m} \left[(n-1) + (n+1) \left(\frac{t_m}{305} \right)^n \right] \quad [10]$$

$$t_m = d \left[\frac{(n-1)}{(n+1)} \right]^{\frac{1}{n}} \quad [11]$$

3.3 Estimativa dos parâmetros

Os parâmetros dos modelos foram estimados por meio de regressões não-lineares, usando-se o método de Gauss-Newton, disponível no PROC NLIN (SAS, Institute Inc., 1996).

3.4 Critérios utilizados para escolha do melhor ajuste

3.4.1 Coeficiente de determinação (R^2)

O coeficiente de determinação é representado por:

$$R^2 = \frac{SQR_c}{SQT_c}$$

em que: SQR_c = soma de quadrados devido ao modelo de regressão corrigida.

SQT_c = soma de quadrados total, corrigida.

O coeficiente de determinação mede a proporção da variação da variável dependente (produção de leite), que é explicada pelo modelo de regressão. Quanto maior o valor de R^2 , melhor é o ajuste do modelo.

3.4.2 Teste ou estatística Durbin-Watson

Quando se trata de análises de regressão, supõe-se que os erros são independentes, têm média igual a zero, variância constante e seguem uma distribuição normal. Tais suposições, segundo Draper & Smith (1981), são necessárias para se realizar o teste F. Mas, quando as observações estão ordenadas em tempo ou espaço, há uma probabilidade grande de que os erros não sejam independentes uns dos outros e, nesse caso, haveria uma correlação entre os sucessivos pares de resíduos. Essa forma de correlação, que pode ocorrer no caso de curvas de lactação porque as observações estão ordenadas em função do tempo, é denominada correlação serial entre os resíduos. Há que se considerar, ainda, que estes resíduos contêm os efeitos genéticos, pois são desvios de uma mesma vaca, além de efeitos ambientais permanentes, idade, ano e época de parto, etc.

Um dos testes comumente utilizados para o exame da autocorrelação serial entre os resíduos é o teste de Durbin-Watson (DW), proposto por Durbin & Watson (1951):

$$d = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{(i-1)})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2},$$

em que e_i , $e_{(i-1)}$, são os resíduos provenientes do ajuste da função, usados para testar se há correlação entre os erros e n é o número de controles leiteiros.

O valor de d varia entre zero, quando a correlação é máxima e positiva ($r = 1$) e quatro, quando é máxima e negativa ($r = -1$). Para n grande, d é,

aproximadamente, igual a $2(1 - r)$, em que r é o coeficiente de correlação entre os e_i , $e_{(i-1)}$. Assim, os valores de d próximos a zero indicam a existência de autocorrelação positiva entre os erros, enquanto que valores próximos a quatro, autocorrelação negativa. Valores de d próximos a dois são desejáveis e indicam ausência de correlação entre os resíduos (Hoffmann & Vieira, 1987).

O teste de Durbin-Watson baseia-se na formulação das seguintes hipóteses para a verificação de autocorrelação residual:

1) $H_0: r = 0$ contra $H_A: r > 0$

O valor estimado de d é comparado com valores críticos d_L e d_U . Se $d < d_L$, o teste é significativo e há autocorrelação positiva entre os resíduos. Nesse caso, rejeita-se H_0 . Se $d > d_U$, o teste não é significativo e não rejeita-se H_0 . Finalmente, se $d_L < d < d_U$, o teste é inconcluso.

2) $H_0: r = 0$ contra $H_A: r < 0$

O valor de d é, então, comparado com os valores críticos $(4 - d_L)$ e $(4 - d_U)$. Se $d > (4 - d_L)$, o teste é significativo e há autocorrelação negativa entre os resíduos. Assim sendo, rejeita-se H_0 . Se $d < (4 - d_U)$, o teste não é significativo e não rejeita-se H_0 . Finalmente, se $(4 - d_L) < d < (4 - d_U)$, o teste é inconclusivo.

Os valores críticos foram determinados por Durbin & Watson (1951) e as tabelas com níveis de significância de 1%, 2,5% e 5% são citadas por Draper & Smith (1981).

3.4.3 Desvio padrão residual

$$DPR = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - P_i')^2}{n - p}}$$

em que P_i e P_i^* são os valores da produção de leite observada e estimada no dia do controle leiteiro, respectivamente, p igual ao número de parâmetros da função e n é o número de controles leiteiros.

3.4.4 Teste ou estatística de theil

Para verificar a acurácia dos valores estimados após o ajuste das funções, foi utilizada a estatística U de Theil. Ela fornece uma medida relativa do valor da acurácia e é baseada na decomposição do quadrado médio do erro de estimação (QMEE).

$$QMEE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - P_i^*)^2,$$

em que P_i e P_i^* são os valores da produção de leite observada e estimada no dia do controle leiteiro, respectivamente, n é o número de controles leiteiros. O QMEE pode ser também escrito como:

$$QMEE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(\bar{P}^* - \bar{P}) + (P_i^* - \bar{P}^*) - (P_i - \bar{P})]^2$$

$$QMEE = (\bar{P}^* - \bar{P})^2 + \sigma_{P^*}^2 + \sigma_P^2 - 2\rho\sigma_{P^*}\sigma_P, \quad [2]$$

em que:

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad \sigma_P^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2$$

$$\bar{P}^* = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i^* \quad \sigma_{P^*}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i^* - \bar{P}^*)^2$$

$$\rho = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{P}^* - \bar{P})(P_i - \bar{P})}{\sigma_{P^*} \sigma_P}$$

Pode-se decompor a Equação (2) em:

$$QMEE = (\bar{P}^* - \bar{P})^2 + (\sigma_{P^*} - \sigma_P)^2 + 2(1 - \rho)\sigma_{P^*}\sigma_P \quad [3]$$

O QMEE medido pela estatística U de Theil pode ser decomposta em três partes:

$$U = U^M + U^V + U^C \quad [4]$$

em que:

$$U^M = \frac{(\bar{P}^* - \bar{P})^2}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - P_i^*)^2}$$

$$U^V = \frac{(\sigma_{P^*} - \sigma_P)^2}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - P_i^*)^2}$$

$$U^C = \frac{2(1 - \rho)\sigma_{P^*}\sigma_P}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - P_i^*)^2}$$

sendo \bar{P} , \bar{P}^* , σ_p e σ_{p^*} as médias e os desvios padrões dos valores da produção de leite observada e estimadas no dia do controle leiteiro, respectivamente, e ρ o coeficiente de correlação entre \bar{P} e \bar{P}^* .

Estas três estatísticas, conhecidas como as proporções das desigualdades, são usadas para medir três diferentes aspectos da qualidade de ajuste das funções estudadas. U^M é a medida da proporção do viés, isto é, a extensão pela qual os valores médios dos valores estimados desviam-se dos valores observados, erro de tendência central. O ideal é que o valor de U^M esteja o mais próximo de zero. U^V é conhecida como a proporção da variância, erro devido às desigualdades das variâncias. Ela mede a habilidade da função em replicar a mesma variabilidade nos valores estimados, como ocorre nos valores observados. Como U^M , quanto menor o valor de U^V , maior a habilidade da função em estimar acuradamente. A terceira estatística, U^C , é conhecida como a proporção devido à covariância, erro devido à covariância incompleta. Ela representa o erro de estimação remanescente após o ajuste do modelo ou após terem sido considerados os desvios dos valores médios. Pode ser mostrado que $U^M + U^V + U^C$ é igual a um. Entretanto, os valores ideais para as três estatísticas são $U^M = U^V = U^C =$ um.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ajuste da função

Os resultados dos testes estatísticos de Durbin-Watson (**DW**), desvio padrão residual (**DPR**), coeficiente de determinação (**R²**), quadrado médio do erro de estimação (**QMEE**) e estatísticas de Theil (**U_M**, **U_V** e **U_C**), que foram utilizados para verificar a qualidade de ajuste das funções, são apresentados na Tabela 3.

Ao ajustar-se a nova função para descrever a curva de lactação diária dos animais, observa-se que os valores dos desvios padrões residuais (**DPR**) variaram de 0,131 a 0,984. Os valores dos **DPR** foram muito baixos e próximos de zero, apresentando **DPR** menores que 0,5, com exceção das ordens de parição maiores que a quinta (**OP>5**), para vacas provenientes de rebanhos com nível de produção alto (**NIV=1**), paridas na estação seca (**EST=1**) e das **OP=5** e **OP>5** de vacas, de **NIV=1**, paridas na estação das águas (**EST=2**), que tiveram **DPR** de 0,984; 0,805 e 0,533, respectivamente (Tabela 3). Os valores obtidos de **DPR** sugerem um bom ajuste da função.

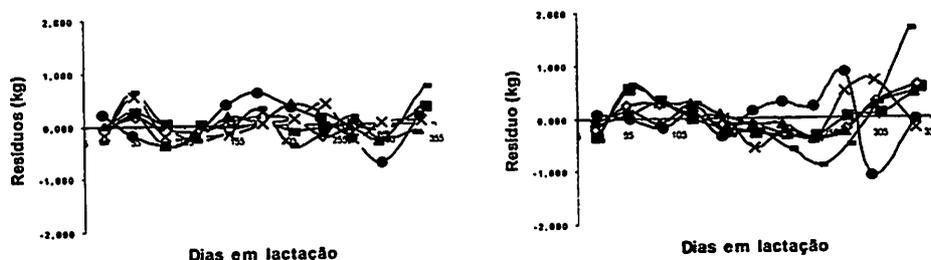
Na Figura 1 é mostrada a dispersão das diferenças entre as produções observadas e estimadas de vacas, de **NIV=1** e rebanhos com nível de produção baixo (**NIV=2**), na **EST=1** e **EST=2**, nas ordens de parição (**OP=1** a **5** e **>5**). Os resíduos mostrados na Figura 1, independente do nível de produção, estação de parição e ordem de parição, foram simétricos, próximos de zero, variando de -1 a 1, com exceção das **OP=5** e **OP>5** de vacas de **NIV=1** na **EST=2**, que tiveram resíduos iguais a 1,676, com 334 dias em lactação e -1,111, com 297 dias em lactação, respectivamente.

Tabela 3 - Número de lactações (N), teste de Durbin-Watson (DW), Desvio padrão Residual (DPR), Coeficiente de Determinação (R²), Quadrado Médio do Erro de Estimação (QMEE) e estatística de Theil, (U^M, U^V e U^C), de vacas da raça Gir provenientes de rebanhos com níveis de produção alto e baixo, paridas na estação seca e das águas nas ordens de parição (OP = 1 a 5 e > 5).

OP	N	DW	DPR	R ²	QMEE	U ^M	U ^V	U ^C
Nível de Produção Alto (1)								
Seca (3)								
1	752	1,983	0,155	0,989	0,0167	0,000121	0,000868	0,9990
2	462	2,003	0,162	0,996	0,0190	0,000030	0,000011	0,9999
3	250	1,522	0,274	0,991	0,0347	0,000117	0,007707	0,9922
4	147	2,540	0,290	0,992	0,0613	0,000024	0,000374	0,9996
5	74	2,278	0,424	0,984	0,1308	0,000278	0,000195	0,9995
>5	43	1,231	0,984	0,438	0,1396	0,000431	0,016729	0,9828
Águas (4)								
1	589	1,175	0,383	0,925	0,1067	0,000005	0,004661	0,9953
2	382	0,728	0,349	0,984	0,0887	0,000505	0,001634	0,9979
3	196	1,079	0,285	0,992	0,0590	0,000321	0,000926	0,9987
4	108	1,571	0,417	0,987	0,1267	0,000327	0,000140	0,9995
5	61	0,864	0,805	0,945	0,4714	0,000386	0,000688	0,9989
>5	45	2,629	0,533	0,977	0,2067	0,000064	0,010052	0,9899
Nível de Produção Baixo (2)								
Seca (3)								
1	989	1,423	0,169	0,972	0,0208	0,000027	0,001423	0,9985
2	600	1,399	0,198	0,987	0,0286	0,000032	0,000473	0,9994
3	341	2,146	0,131	0,996	0,0125	0,000019	0,000066	0,9999
4	209	2,226	0,131	0,997	0,0125	0,000090	0,000193	0,9997
5	128	1,436	0,250	0,987	0,0454	0,000211	0,000139	0,9941
>5	99	1,470	0,254	0,990	0,0471	0,000069	0,005853	0,9940
Águas (4)								
1	1034	0,990	0,291	0,927	0,0471	0,000069	0,005853	0,9941
2	387	0,981	0,337	0,970	0,0614	0,000016	0,009100	0,9909
3	212	1,212	0,306	0,981	0,0829	0,000124	0,000692	0,9992
4	132	1,159	0,289	0,987	0,0601	0,000249	0,000101	0,9997
5	89	0,997	0,461	0,967	0,1548	0,000264	0,000289	0,9995
>5	83	1,246	0,471	0,973	0,1612	0,000606	0,000027	0,9994

(1) rebanhos com produção de leite em 305 dias maior ou igual a 2.628 kg, para vacas com primeiro parto em até 60 meses; (2) rebanhos com produção de leite em 305 dias menor que 2.628 kg, para vacas com primeiro parto em até 60 meses; (3) meses de parição de abril a setembro; (4) meses de parição de outubro a março.

Nível de Produção Alto



Nível de Produção Baixo

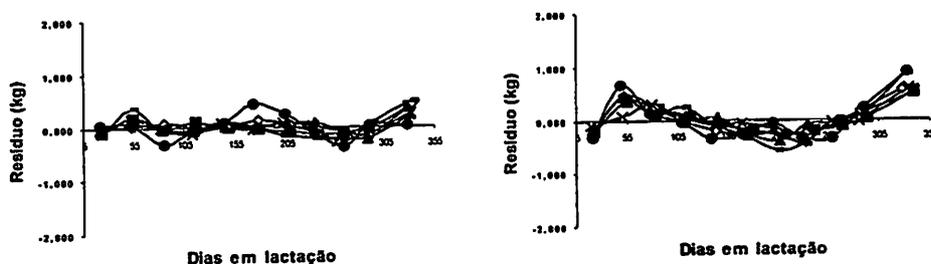


Figura 1 - Dispersão dos resíduos para as curvas de lactação de vacas da raça Gir, pertencentes a rebanhos com nível de produção alto e baixo, nas estações de parição seca (Esquerda) e das águas (Direita), nas ordens de parição (OP = 1, ■; OP = 2, ◊; OP = 3, ▲; OP = 4, x; OP = 5, — e OP > 5, ●).

Observa-se na Tabela 3 que os valores obtidos da estatística de Durbin-Watson (DW) variaram de 1,0 a 2,5, com exceção da OP = 4 de vacas de NIV = 1, na EST = 1, das OP = 2 e OP = 5 de vacas de NIV = 1, na EST = 2 e das OP = 1, OP = 2 e OP = 5 de vacas de NIV = 2, na EST = 2, que tiveram valores de DW de 2,540; 0,728; 0,864; 0,990; 0,981 e 0,997, respectivamente (Tabela 3). Observa-se que os valores obtidos da estatística

DW são próximos de dois. Independente do nível de produção, estação de parição e ordem de parição, não houve autocorrelação residual de primeira ordem, com exceção apenas para OP = 2 de vacas de NIV = 1, na EST = 2, em que o resultado para o teste DW foi significativo ($P < 0,001$), pois o valor D foi menor que o valor crítico tabelado D_L , indicando autocorrelação serial entre os resíduos. Isso, segundo Pineda (1987), é indicativo de falta de ajuste. Através dos resultados de DW podemos observar o bom grau de ajustamento da função, que em 95,83% das classes ajustadas não apresentou autocorrelação residual de primeira ordem.

Os valores obtidos do coeficiente de determinação (R^2) variaram de 0,438 a 0,997 e, na maior parte das classes estudadas, os valores de R^2 foram maiores que 0,970, com exceção da OP>5 de vacas de NIV=1, na EST=1, das OP=1 e OP=5 de vacas de NIV=1, na EST=2, e das OP=1 e OP=5 de vacas de NIV=2, na EST=2, que tiveram valores de R^2 de 0,438; 0,925; 0,945; 0,927 e 0,967, respectivamente (Tabela 3). Os valores de R^2 foram altos e próximos a 1, o que também demonstra o bom ajustamento da função para descrever uma lactação, quando se ajusta a regressão das produções no dia do controle leiteiro, em função dos estágios da lactação.

A avaliação do quadrado médio do erro de estimação (QMEE), quando ajustou-se a nova função, foi realizada por meio da estatística de Theil. Os valores de U^M e U^V foram baixos e próximos de zero ($< 0,016729$) e os valores de U^C foram altos e próximos de um ($> 0,9829$). Assim, os resultados obtidos desta estatística (Tabela 3) sugerem acurácia na estimação dos valores de produção de leite no dia do controle leiteiro. Isso reforça o bom ajuste da nova função.

Embora a função tenha se ajustado bem aos dados, os resultados das estatísticas utilizadas no presente trabalho indicam ajuste um pouco inferior nas ordens de parição OP=5 e OP>5, em comparação às demais. Observa-se,

na Tabela 3, que, para estas ordens de parição, independentemente do nível de produção e da estação de parição, o número de lactações é inferior, quando comparado com as demais ordens de parição e isso pode estar sendo fator determinante para a ocorrência de valores inferiores das estatísticas.

Também com o objetivo de confirmar os resultados anteriores, nas Figuras 2 a 5 são mostradas as curvas de lactação observada e estimada de vacas, de NIV=1 e NIV=2, na EST=1 e EST=2, nas ordens de parição (OP=1 a 5 e >5). Observa-se que as novas funções ajustadas independente dos níveis de produção e estações de parição, nas diferentes ordens de parição, sugerem um bom ajuste.

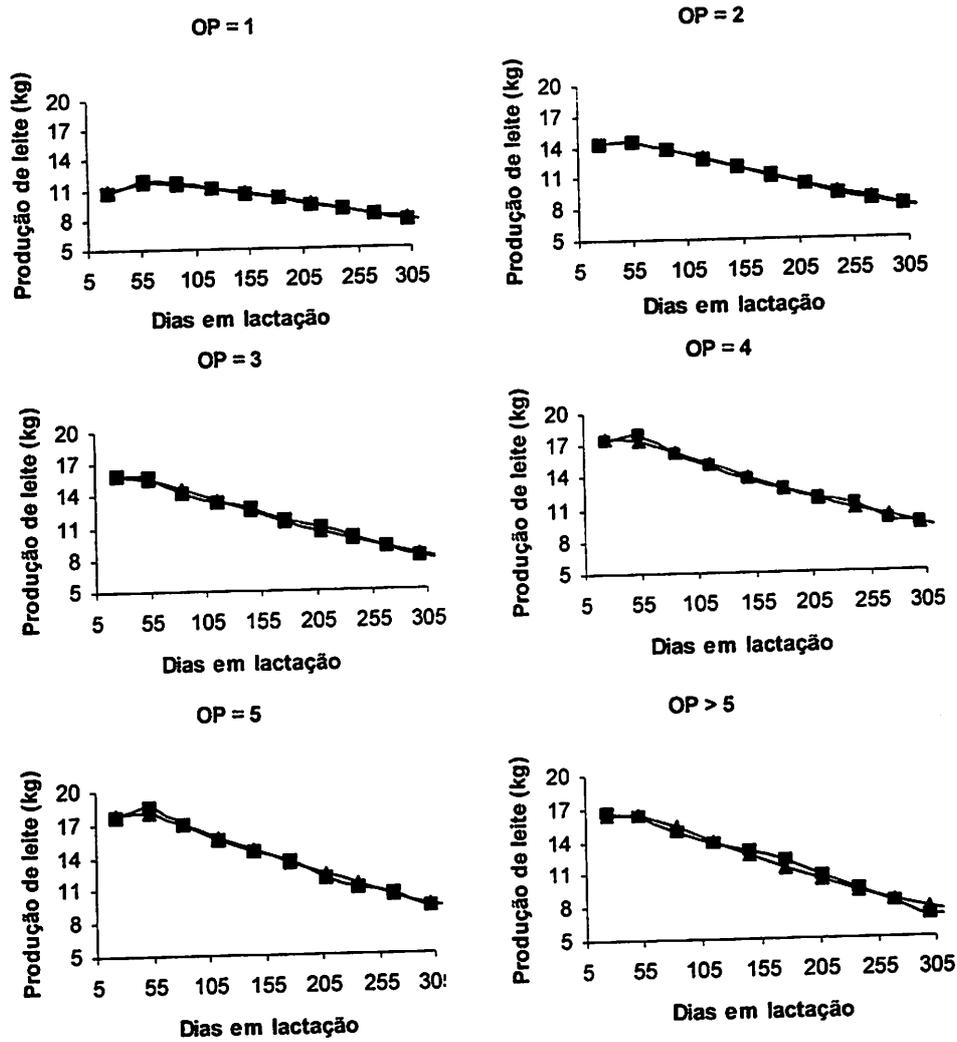


Figura 2 - Produção de leite diária observada (■) e estimada (▲) de vacas da raça Gir, pertencentes a rebanhos com nível de produção alto, paridas na estação seca, nas ordens de parição (OP = 1 a 5 e > 5).

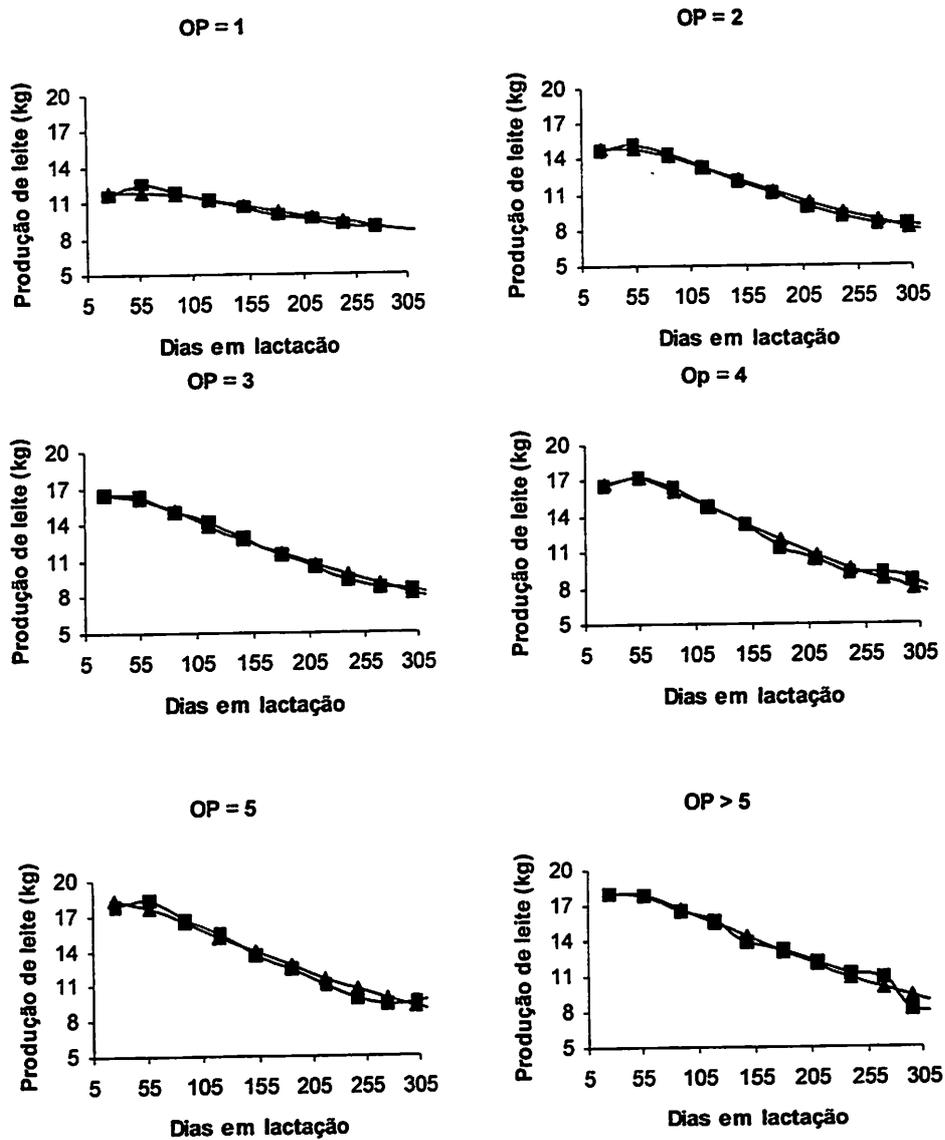


Figura 3 - Produção de leite diária observada (■) e estimada (▲) de vacas da raça Gir, pertencentes a rebanhos com nível de produção alto, paridas na estação das águas, nas ordens de parição (OP = 1 a 5 e > 5).

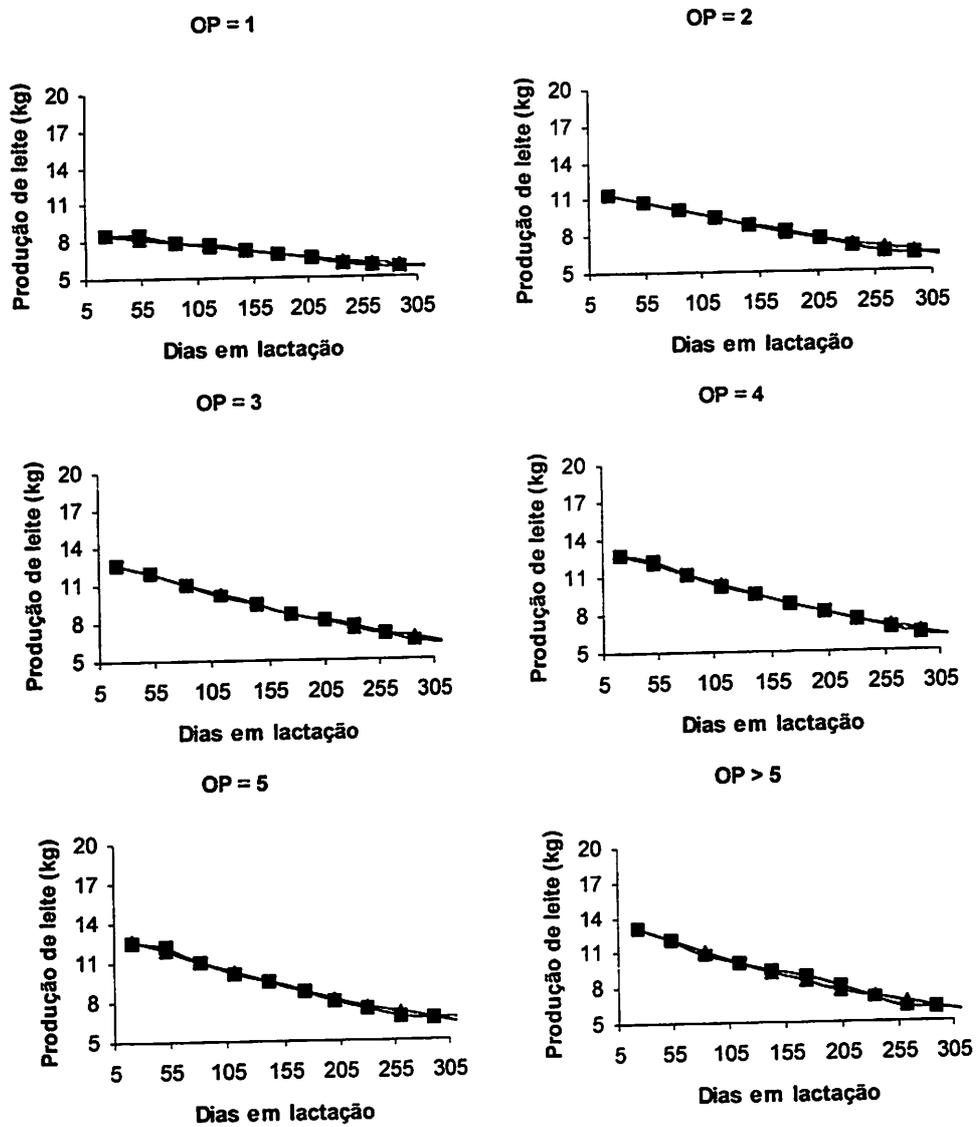


Figura 4 - Produção de leite diária observada (■) e estimada (▲) de vacas da raça Gir, pertencentes a rebanhos com nível de produção baixo, paridas na estação seca, nas ordens de parição (OP = 1 a 5 e > 5).

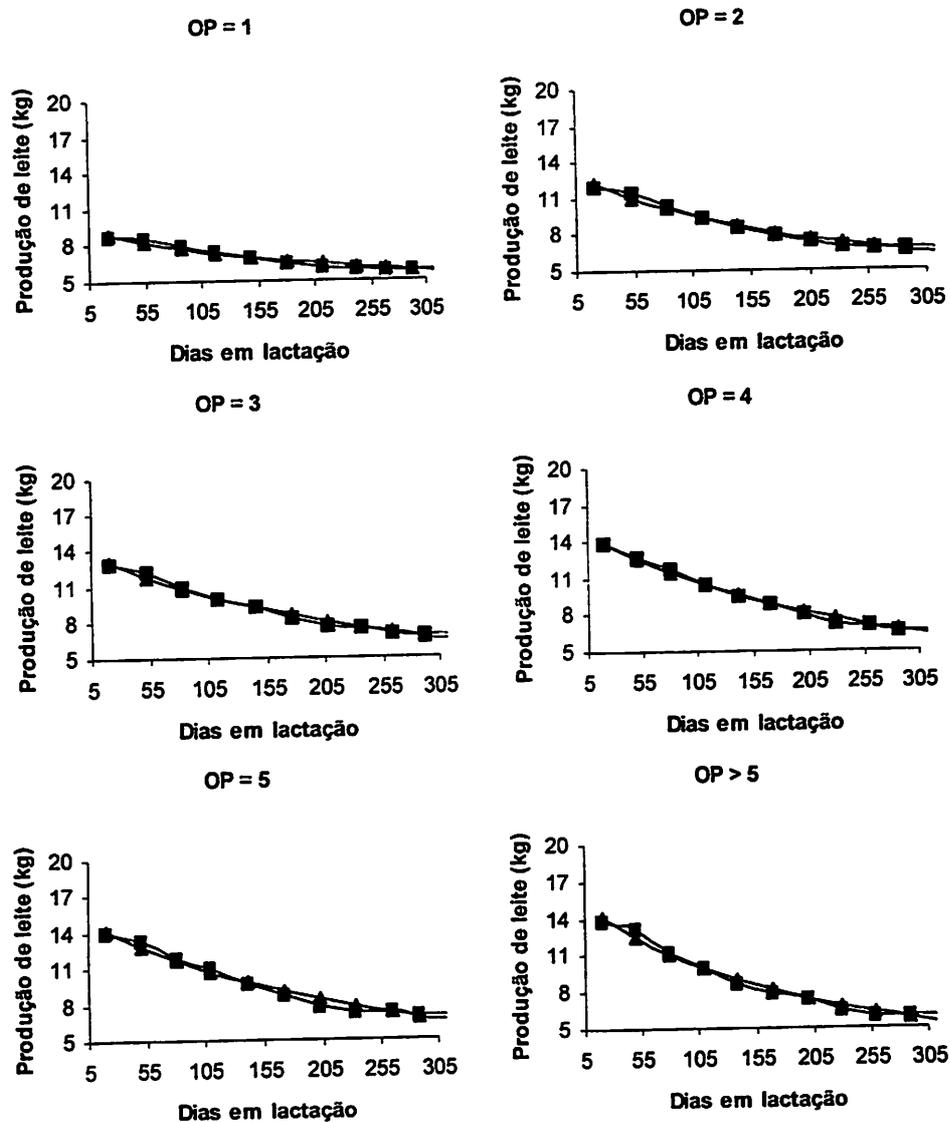


Figura 5 - Produção de leite diária observada (■) e estimada (▲) de vacas da raça Gir, pertencentes a rebanhos com nível de produção baixo, paridas na estação das águas, nas ordens de parição (OP = 1 a 5 e > 5).

4.2 Descrição dos parâmetros das novas funções

Os parâmetros estimados das novas funções, produção de leite aos 305 dias de lactação (Y_{305}), parâmetro d e o parâmetro n , em função das subclasses nível de produção, estação de parição e ordem de parição, estão apresentados na Tabela 4.

Observando os valores estimados dos parâmetros na Tabela 4 e também as Figuras 6 e 7, podemos constatar que a nova função utilizada apresenta uma interpretabilidade biológica dos parâmetros muito boa.

Podemos observar que o parâmetro d está relacionado com a persistência da lactação, e que quanto maior os valores de d menos acentuada é a queda da produção após o pico da lactação, evidenciando assim uma maior persistência da lactação. Este fato pode ser confirmado ao observar as Figuras 6 e 7. Na $OP = 1$, independente do nível de produção e da estação de parição, observa-se os maiores valores estimados do parâmetro d , sendo a ordem de parição que apresentou maior persistência (Figura 6 e 7). Observa-se ainda, uma tendência de diminuição do valor correspondente ao parâmetro d , à medida que as ordens de parição aumentam (Tabela 4). Isto também pode ser observado pelo formato das Figuras 6 e 7. À medida que as ordens de parição aumentam as lactações são menos persistentes, confirmando o relacionamento dos menores valores do parâmetro d com uma menor persistência da lactação.

O parâmetro d também está relacionado com o tempo de ocorrência do pico de produção de leite na lactação (t_m). Observa-se que quanto menor o valor de d mais tempo a lactação leva para chegar ao pico (Tabelas 4 e 5 e Figuras 6 e 7).

Tabela 4 - Parâmetros estimados das novas funções, produção de leite aos 305 dias de lactação (Y_{305}), parâmetro d e o parâmetro n , para vacas da raça Gir, provenientes de rebanhos com níveis de produção alto e baixo, paridas na estação seca e das águas nas ordens de parição (OP = 1 a 5 e > 5).

OP	Y_{305}	d	n	Y_{305}	d	n
Nível de Produção Alto (1)			Nível de Produção Baixo (2)			
			Seca (3)			
1	3.085,05	513,802	1,190	2.195,95	1.036,257	1,025
2	3.566,79	461,399	1,135	2.691,32	685,094	1,032
3	3.753,58	445,225	1,110	2.875,69	577,435	1,036
4	4.194,67	438,617	1,121	2.880,80	508,785	1,054
5	4.319,31	426,486	1,128	2.877,84	562,004	1,037
>5	3.760,98	337,611	1,161	2.836,25	471,406	1,042
			Águas (4)			
1	3.212,76	859,630	1,077	2.182,85	1.737,400	0,954
2	3.622,09	427,267	1,137	2.720,36	870,529	0,965
3	3.837,48	401,110	1,124	2.882,49	746,228	0,977
4	3.928,80	300,283	1,213	2.978,51	596,098	0,996
5	4.246,53	440,095	1,101	3.046,61	620,640	0,989
>5	4.249,28	386,579	1,146	2.802,37	475,444	0,991

(1) rebanhos com produção de leite em 305 dias maior ou igual a 2.628 kg, para vacas com primeiro parto em até 60 meses; (2) rebanhos com produção de leite em 305 dias menor que 2.628 kg, para vacas com primeiro parto em até 60 meses; (3) meses de parição de abril a setembro; (4) meses de parição de outubro a março.

O parâmetro n é inversamente proporcional ao parâmetro d , logo, ele também está relacionado com a existência de pico de produção de leite na lactação e também quantos dias, a partir do início da lactação, é observado o pico. Esta afirmação pode ser confirmada ao observar o valor do parâmetro n na Tabela 4, e ao analisar o t_m na Tabela 5, em que, quanto maior o valor do parâmetro n , mais tempo transcorre até o aparecimento do pico de produção, e também pode ser observado que quando o valor de n é igual ou menor a um, o animal inicia a lactação na produção máxima. Isso pode ser observado na Tabela 5 e nas Figuras 6 e 7, onde, as curvas de lactação de vacas de NIV = 2, na EST = 2 não apresentaram tempo de ascensão ao pico.

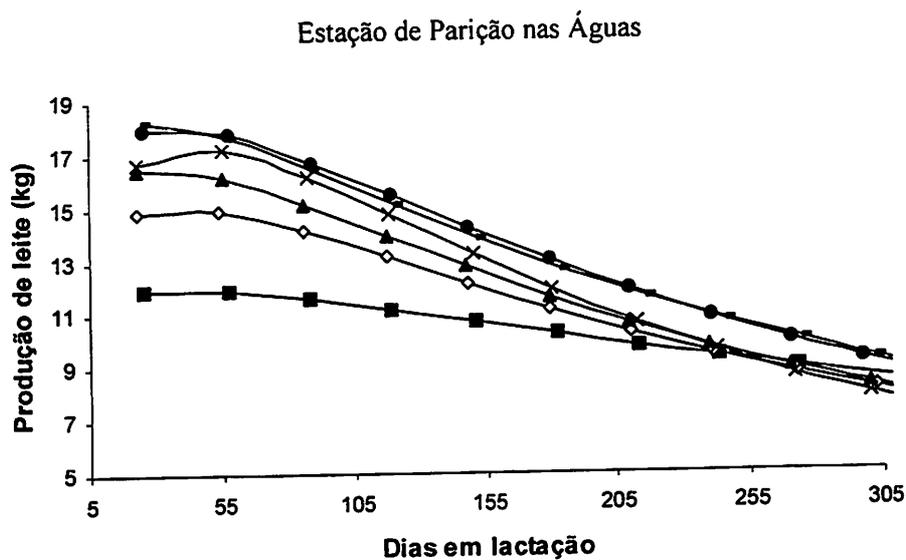
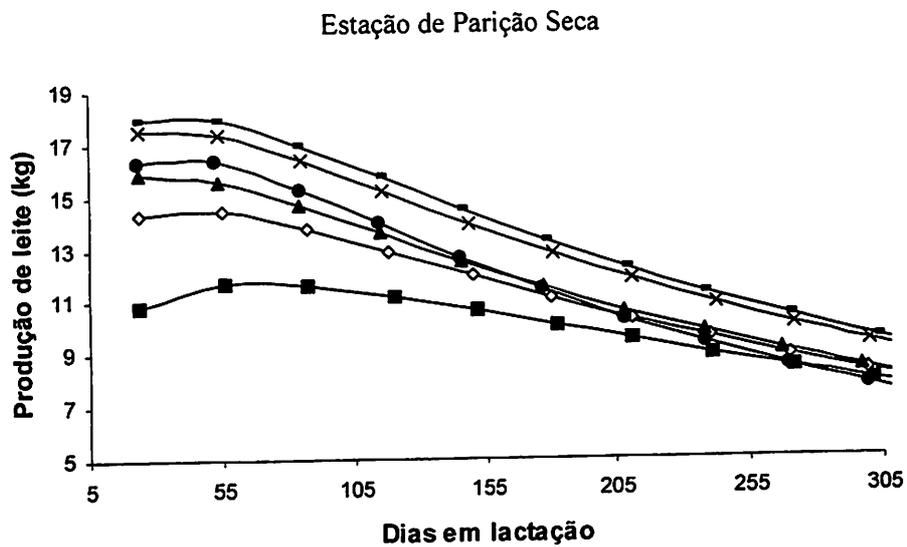


Figura 6 - Curvas de lactação de vacas da raça Gir, pertencentes a rebanhos com nível de produção alto, nas estações de parição seca e da águas, nas ordens de parição (OP = 1, ■; OP = 2, ◇; OP = 3, ▲; OP = 4, x; OP = 5, — e OP > 5, ●).

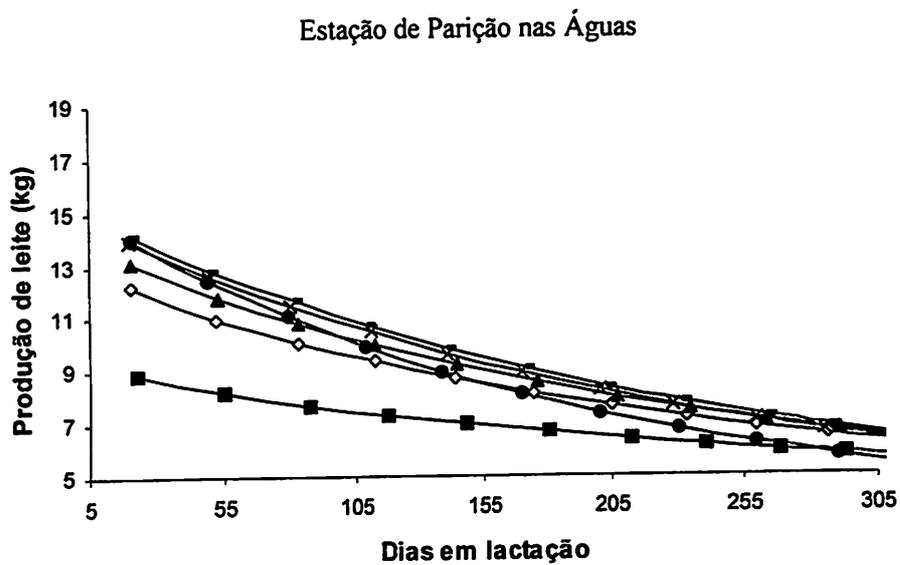
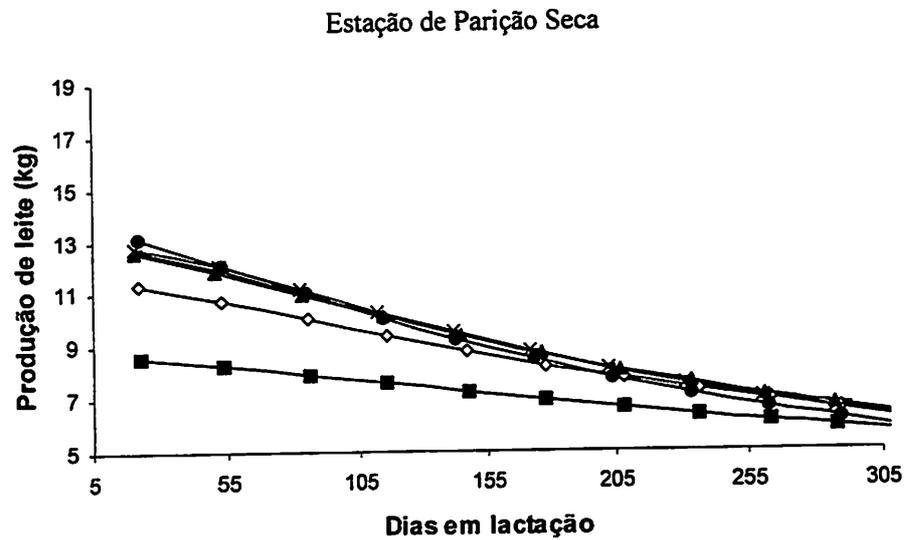


Figura 7 - Curvas de lactação de vacas da raça Gir, pertencentes a rebanhos com nível de produção baixo, nas estações de partição seca e da águas, nas ordens de partição (OP = 1, ■; OP = 2, ◇; OP = 3, ▲; OP = 4, x; OP = 5, — e OP > 5, ●).

Tabela 5 - Idade média ao parto (IDPM), produção de leite estimada aos 305 dias de lactação (Y_{305}), dias até o último controle leiteiro observado (UC), produção de leite total acumulada (P. Ac.), tempo de ocorrência do pico da lactação (T_m) e produção de leite no dia do pico (Y_m), para vacas da raça Gir provenientes de rebanhos com níveis de produção alto e baixo, paridas na estação seca e das águas, nas ordens de parição ($OP = 1 a 5 e >5$).

OP	IDPM (meses)	Y_{305}	UC (dias)	P. Ac. (kg)	T_m (dias)	Y_m (kg)	IDPM (meses)	Y_{305}	UC (dias)	P. Ac. (kg)	T_m (dias)	Y_m (kg)
Nível de Produção Alto (1)												
Estação seca (3)												
1	43	3.085,05	345	3.385,37	66	11,71	43	3.212,76	345	3.544,56	40	11,99
2	60	3.566,79	338	3.825,84	40	14,53	59	3.622,09	342	3.905,57	38	15,08
3	77	3.753,58	337	4.007,14	31	15,90	76	3.837,48	338	4.094,91	32	16,57
4	92	4.194,67	340	4.504,66	34	17,64	94	3.928,80	340	4.184,78	44	17,34
5	108	4.319,31	343	4.662,54	35	18,17	109	4.246,53	334	4.503,55	28	18,28
>5	131	3.760,98	338	3.999,09	36	16,60	131	4.249,28	340	4.551,65	37	18,13
Nível de Produção Baixo (2)												
Estação seca (3)												
1	47	2.195,95	329	4.231,45	14	8,57	46	2.182,85	338	2.368,65	1	8,66
2	63	2.691,32	332	2.858,48	12	11,41	64	2.720,36	327	2.856,57	1	11,96
3	80	2.875,69	331	3.038,61	12	12,71	80	2.882,49	338	3.090,87	1	12,89
4	95	2.880,80	330	3.033,39	16	12,78	95	2.978,51	334	3.159,21	1	13,80
5	111	2.877,84	333	3.051,46	12	12,80	110	3.046,61	331	3.213,69	1	13,94
>5	139	2.836,25	327	2.963,12	11	13,24	141	2.802,37	333	2.952,04	1	13,72

(1) rebanhos com produção de leite em 305 dias maior ou igual a 2.628 kg, para vacas com primeiro parto em até 60 meses; (2) rebanhos com produção de leite em 305 dias menor que 2.628 kg, para vacas com primeiro parto em até 60 meses; (3) meses de parição de abril a setembro; (4) meses de parição de outubro a março.

Na Figura 8 são apresentadas, as curvas de lactação acumuladas de vacas da raça Gir, pertencentes a rebanhos de nível de produção alto e baixo, paridas nas estações seca e das águas, nas ordens de parição (OP = 1 a 5 e > 5).

Os parâmetros estimados (Y_{305} , d e n) das funções (Tabela 4) também podem ser interpretados biologicamente através das curvas de lactação acumulada (Figura 8). Observando os valores estimados do parâmetro d , nota-se que quanto menor o valor estimado do parâmetro d , maior o potencial produtivo do animal (Y_{305}). Para vacas de nível de produção baixo, independentemente da estação de parição, os valores estimados do parâmetro d foram maiores que para as vacas de nível de produção alto. Também, à medida que aumenta a ordem de parição dos animais o parâmetro d diminui (Tabela 4), independente no nível de produção e estação de parição, e conseqüentemente ocorre um aumento da produção, o que comprova o relacionamento do parâmetro d com a produção de leite do animal.

O parâmetro n também pode ser relacionado com Y_{305} , e ao contrário do valor do parâmetro d , quanto maior Y_{305} , maior é o valor correspondente do parâmetro n (Tabela 4). Para vacas de nível de produção alto os valores do parâmetro n são maiores do que os valores de n para vacas com nível de produção baixo, o que pode ser observado na Tabela 4.

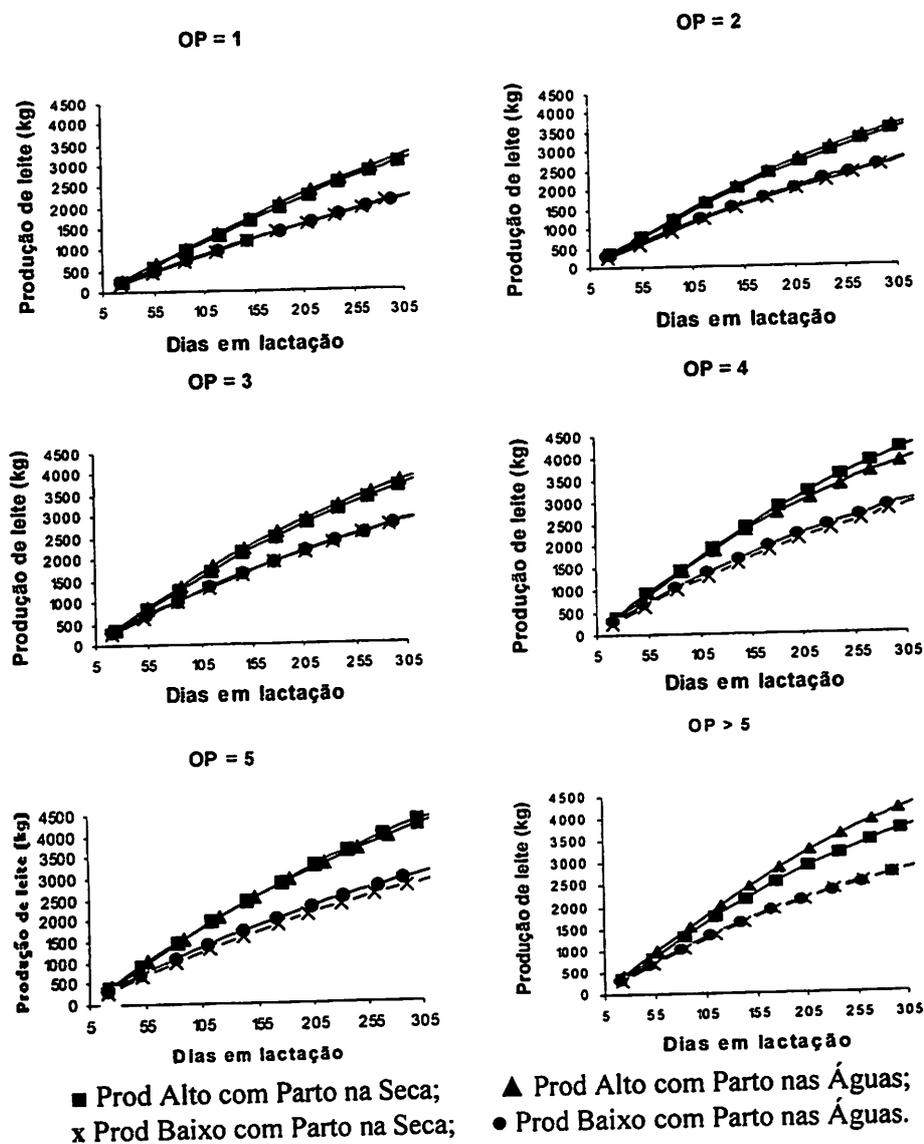


Figura 8 - Curva de lactação acumulada de vacas da raça Gir, pertencentes a rebanhos com nível de produção alto (Prod Alto) e nível de produção baixo (Prod Baixo), nas estações de parição seca (Parto Seca) e da águas (Parto Águas), nas ordens de parição (OP = 1 a 5 e > 5).

4.3 Outras Abordagens do estudo

Observando a Tabela 5 nota-se que, a idade média ao parto das vacas de NIV = 1, independente da estação de parição foi de 43 meses para animais na primeira lactação e a idade média ao parto das vacas de NIV = 2 foi de 47 e 46 meses, para vacas que pariram na estação da seca e das águas, respectivamente. Pode ser observado ainda, que os animais tenham data do último controle leiteiro por volta de 330 dias, o que não têm sido mais realizados nos atuais sistemas de manejo, sendo preconizado então, o encerramento da lactação do animal com 305 dias de lactação, para que animal tenha tempo hábil para descansar da última lactação e se preparar fisiologicamente para o próximo parto e conseqüentemente a próxima lactação.

Ao observar a Tabela 5 o tempo de ocorrência do pico da lactação (t_m), nota-se que para vacas de NIV = 1, o tempo de ocorrência do pico variou, entre as ordens de parto, de 31 a 66 dias (média = 40 dias) e de 28 a 44 dias (média = 36 dias), para vacas que pariram na estação seca e das águas, respectivamente. Para vacas de NIV = 2, na EST = 1, o tempo de ocorrência do pico variou, entre as ordens de parto, de 11 a 16 dias (média = 13 dias). Para vacas de NIV = 2, EST = 2, não houve variação no tempo de ocorrência do pico nas diferentes ordens de parição, pois nesta classe de nível de produção e estação de parição a lactação iniciou na produção máxima.

A produção média de leite apresentada no pico de lactação, nas diferentes ordens de parto de vacas, de NIV = 1 foi de 15,76 e 16,23 kg, respectivamente para vacas na EST = 1 e EST = 2, e para vacas, de NIV = 2, foi de 11,92 e 12,50 kg, respectivamente para vacas na EST = 1 e EST = 2 (Tabela 5).

A diferença das produções de leite em 305 dias de lactação, entre vacas de NIV = 1, na EST = 2, e vacas de NIV = 1, na EST = 1, nas ordens de parto (OP = 1 a 5 e > 5), foram menores que 84 kg de leite, com exceção das ordens de parição OP = 1, OP = 4 e OP > 5 que tiveram diferenças entre as produções de

leite em 305 dias de lactação de 127,71; -265,87 e 488,30 kg de leite, respectivamente (Tabela 6). Já a diferença das produções de leite em 305 dias de lactação, entre vacas NIV = 2, na EST = 2, e vacas de NIV = 2, na EST = 1, nas ordens de parto (OP = 1 a 5 e > 5), foram menores que 34kg de leite, com exceção das ordens de parição OP = 4 e OP = 5 que tiveram diferenças entre as produções de leite em 305 dias de lactação de 97,71 e 168,77 kg de leite, respectivamente (Tabela 6). Este comportamento pode ser justificado em função de que, rebanhos com nível de produção baixo, sofrem uma menor influência de fatores de meio que possibilite ao animal ter uma produção mais elevada em diferentes épocas de sua vida produtiva. As produções de leite das vacas da raça Gir, quando comparadas entre estação de parição, embora tenham sido muito próximas, foram em geral maiores para animais com estação de parição nas águas.

Na Figura 8 observa-se ainda que as curvas de lactação acumulada nas diferentes estações de parição são muito semelhantes, com exceção da OP > 5, para vacas de NIV = 1, em que nota-se uma variação maior da produção quando se compara as duas estações de parição, onde a produção de leite em 305 dias de lactação, na estação de parição da águas, foi superior 488,30 kg em relação à estação de parição seca (Tabela 6).

O modelo utilizado para obtenção da curva acumulada foi eficiente, nos dando uma estimativa acumulada precisa da produção em fases distintas da lactação, principalmente aos 305 dias da lactação.

Com a obtenção de curvas de lactação acumulada podemos avaliar o animal em uma fase mais precoce da lactação adiantando os trabalhos de avaliação de progênie de touros e melhorando a eficiência da avaliação genética destes animais.

Tabela 6 - Estimativa da Produção de leite em 305 dias de lactação e diferença (DIF) da produção de leite aos 305 dias de lactação entre as estações de parição nas águas e seca, para vacas da raça Gir provenientes de rebanhos com níveis de produção alto e baixo nas ordens de parição (OP = 1 a 5 e > 5).

OP	Nível de Produção Alto			Nível de Produção Baixo		
	Y ₃₀₅			Y ₃₀₅		
	Águas	Seca	DIF	Águas	Seca	DIF
1	3212,76	3085,05	127,71	2182,85	2195,95	-13,1
2	3622,09	3566,79	55,3	2720,36	2691,32	29,04
3	3837,48	3753,58	83,9	2882,49	2875,69	6,8
4	3928,80	4194,67	-265,87	2978,51	2880,80	97,71
5	4246,53	4319,31	-72,78	3046,61	2877,84	168,77
>5	4249,28	3760,98	488,3	2802,37	2836,25	-33,88

(1) rebanhos com produção de leite em 305 dias maior ou igual a 2.628 kg, para vacas com primeiro parto em até 60 meses; (2) rebanhos com produção de leite em 305 dias menor que 2.628 kg, para vacas com primeiro parto em até 60 meses; (3) meses de parição de abril a setembro; (4) meses de parição de outubro a março.

Ao observar a Figura 9 nota-se que, independente do nível de produção e da estação de parição, os animais tendem a um aumento da produtividade de leite durante a lactação, da primeira lactação até aproximadamente a quinta lactação, onde se observou animais em torno de 9 anos (Tabela 5) e posteriormente a produtividade de leite na lactação estabiliza nas lactações posteriores e tendem a cair gradativamente até que se encerre a vida produtiva do animal. Este fato pode ser explicado, em função de que até aproximadamente a quinta lactação, com animais de 8 a 9 anos (Tabela 5), os animais ainda estão em desenvolvimento fisiológico, e com esta idade eles alcançam sua capacidade produtiva máxima.

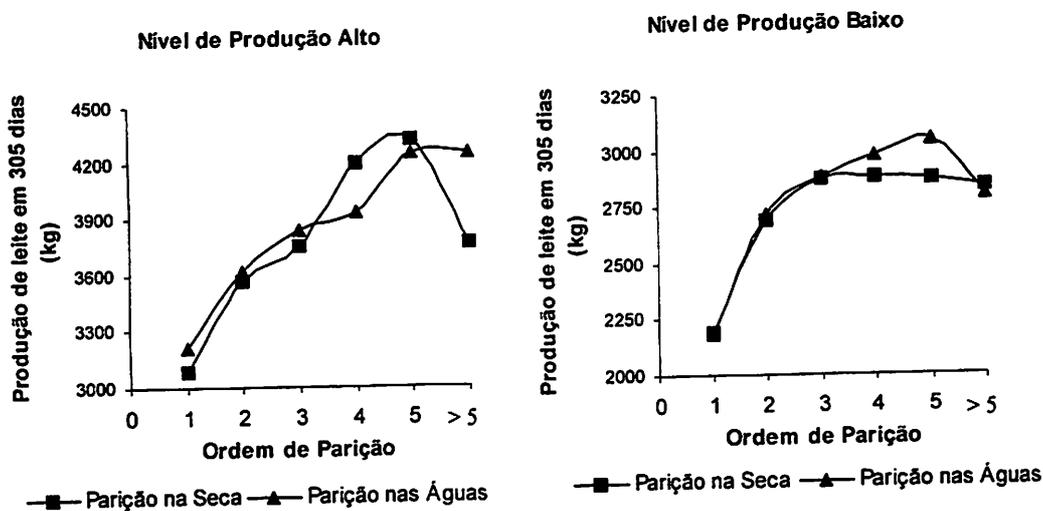


Figura 9 - Produção de leite em 305 dias de vacas da raça Gir, nas duas classes de nível de produção (Alto e Baixo), nas duas estações de parição (Seca e Águas), nas ordens de parição (OP = 1 a 5 e > 5).

Para encontrar um ponto a partir do qual é possível estimar a produção de leite em 305 dias, com uma menor variabilidade da estimativa, a produção em 305 dias foi estimada a partir das informações obtidas nos diferentes controles leiteiros. Pode-se observar na Figura 10 que a estimativa da produção em 305 dias, independente do nível de produção, da estação de parição e da ordem de parição, sofre menor variação a partir de 100 dias de lactação. Este fato ocorre em função da quantidade de informações necessárias para realização da estimação da produção em 305 dias de lactação ser insuficiente, e a partir de 100 dias decorridos da lactação, a quantidade de informações é suficiente para obter estimativas confiáveis da produção em 305 dias, que podem ser usadas para avaliar o animal em uma fase mais precoce da lactação.

5 CONCLUSÃO

A reparametrização da função de Michaelis-Menten apresenta-se como uma alternativa para se obter novas funções para estudos de curvas de lactação diária e acumulada.

As novas funções são caracterizadas pela facilidade nos procedimentos de ajuste. Elas também propiciam resumir as informações provenientes das observações da produção de leite dos animais em um pequeno número de parâmetros que podem ser interpretados biologicamente, sobre as características das curvas de lactação.

As novas funções são caracterizadas pela flexibilidade de ajuste, ou seja, é possível a partir da função diária obter a função acumulada, ou vice-versa. É possível ajustar curvas de lactação de vacas da raça Gir, utilizando as novas funções, baseado na produção de leite diária e depois disso conhecer a produção de leite acumulada.

As novas funções utilizadas apresentam-se como funções alternativas para projetar lactações não encerradas, com o intuito de serem utilizadas na avaliação genética de animais, em programas de melhoramento genético.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, T. E.; SCHAEFFER, L. R. Accounting for covariances among test days milk yield in dairy cows. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 67, n. 3, p. 637-644, Sept. 1987.

BIANCHINI SOBRINHO, E. B. **Estudos da curva de lactação de vacas da raça Gir**. 1984. 87 p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto

BRODY, S.; RAGSDALE, A. C.; TURNER, C. W. The rate of decline of milk secretion with the advance of the period of lactation. **Journal of General Physiology**, New York, v. 5, p. 441-444, 1923.

CHEEMA, J. S.; BASU, S. B. Relationship of part lactation yield in Kankrei cattle. **Indian Veterinary Journal**, Madras, v. 60, n. 8, p. 637-642, 1983.

COBUCCI, J. A.; EUCLYDES, R. F.; TEODOR, R. L. et al. Aspectos genéticos e ambientais da curva de lactação de vacas Guzerá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 204-211, jul./ago. 2001.

COOBY, J. M.; LE DU, Y. L. P. An fitting curves to lactation data. **Animal production**, Edinburgh, v. 26, n. 2, p. 127-133, jul./ago. 1978.

DANNEL, B. Studies on lactation yield and individual test-day yields of Swedish dairy cows. III. Persistency of milk yield and its correlations with

lactation yield. **Acta Agriculturae Scandinavica**, Stocholm, v. 32, p. 93-101, 1982.

DE BOER, J. A.; WELLER, J. I.; GIPSON, T. A.; GROSSMAN, M. Multiphasic analysis of milk and fat yield curves of Israeli Holsteins. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 72, n. 8, p. 2143-2152, Aug. 1989.

DHAKA, S. S.; CHAUDHARY, S. R. Non-genetic factors influencing persistency of lactation in Murrah buffaloes. **Indian Journal of Animal Research**, Haryana, v. 28, n. 2, p. 117-121, 1994.

DRAPER, N. M.; SMITH, H. **Applied Regression Analysis**. 2. ed. New York: Wiley, 1981.

DURAES, M. C.; TEIXEIRA, N. M.; FREITAS, A. F. Curvas de lactação de vacas da raça holandesa mantidas em confinamento total. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 43, n. 5, p. 447-458, out. 1991.

DURBIN, J.; WATSON, G. S. Testing for Serial Correlation in Least Squares Regression. **Biometrika**, London, v. 37, n. 3/4, p. 409-428, 1951.

EL FARO, L. **Estudo da curva de lactação de um rebanho da raça Caracu**. 1996. 175 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal.

FERREIRA, E. B.; BEARZOTI, E. Comparação de métodos no ajustamento de Curvas de lactação de bovinos por meio de simulação. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 4, p. 865-872, jul./ago. 2003.

FERRIS, T. A.; MAO, I. L.; ANDERSON, C. R. Selecting for lactation curve and milk yield in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, n. 6, p. 1438-1448, June 1985.

GAMA, L. T.; CAROLINO, R. N.; CRUZ, A. A. et al. Genetic parameter estimates for shape of the lactation curve in dairy cattle. In: WORLD CONGRESS GENETIC APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 5., 1994, Guelph, ON, Canada. **Proceedings...** . Guelph, ON, Canada, 1994. p. 132-135.

GENGLER, N. Persistency of lactation yields: A review. INTERNATIONAL WORKSHOP ON GENETIC IMPROVEMENT OF FUNCTIONAL TRAITS IN CATTLE, 1996. **Proceedings...** **Interbull Bulletin**, v. 12, p. 97-102, 1996.

GONÇALVES, T. M.; MARTINEZ, M. L.; MILAGRES, J. C. Curva de lactação na raça Gir: escolha do modelo de melhor ajuste. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 616-626, jul./ago. 1996.

GONÇALVES, T. M.; MARTINEZ, M. L.; RANGEL, A. H. N., SANTOS, I. Fatores multiplicativos de ajuste da produção de gordura na raça Gir para efeitos simultâneos da idade ao parto e estação de parição. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 80-87, jan./fev. 1997.

GONÇALVES, T. M.; OLIVEIRA, A. I. G.; FREITAS, R. T. F.; PEREIRA, I. G. Curva de Lactação em Rebanhos da Raça Holandesa no Estado de Minas Gerais. Escolha do Modelo de Melhor Ajuste. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1689-1694, jul./ago. 2002.

GROSSMAN, H. O.; HUCK, A. L.; NORTON, H. W. Lactation curves of purebred and crossbred dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 69, p. 195-203, 1986.

GROSSMAN, M.; KOOPS, W. J. Multiphasic analysis of lactation Curves in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, n. 6, p. 1598-1608, June 1988.

GROSSMAN, M.; HARTZ, S. M.; KOOPS, W. P. Multiphasic of lactation yield: A novel approach. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, n. 10, p. 2192-2197, Oct. 1999.

HOFFMAN, R.; VIEIRA, S. O teste de Durbin-Watson. In: _____. **Análises de regressão: uma introdução a econometria**. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1987. p. 251-256.

JAMROZIK, J.; JANSEN, G.; SCHAEFFER, L. R.; DEKKERS, J. C. M. Genetic evaluation of dairy cattle using tes day yields and randon regression model. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 6, p. 1217-1226, 1997.

JAMROZIK, J.; GIANOLA, D.; SCHAEFFER, L. R. Bayesian estimation of genetic parameters for test day records in dairy cattle using linear hierarchical

model. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 71, n. 2/3, p. 223-240, Oct. 2001.

KEOWN, J. F.; VAN VLECK, L. D. Extending lactation records in progress to 305-day equivalent. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 56, n. 8, p. 1070-1079, Aug. 1972.

KOOPS, W. J.; GROSSMAN, M.; MICHALSKA, E. Multiphasic growth curve analysis in mice. **Growth**, Harbor, v. 51, p. 372-382, 1987.

KUMAR, V.; SYADAV, R. S.; MELHA, O. P. Effect of persistency n milk under organised farm management condition. **Indian Journal of Animal Science**, New Delhi, v. 69, n. 2, p. 134-138, Feb. 1999.

LEAN, I. J.; GALLAND, J. C.; SCOTT, J. L. Relationships between fertility, peak milk yields and lactational persistency in dairy cows. **Theriogenology**, Woburn, v. 31, n. 5, p. 1093-1103, May 1989.

LUDWICK, T. M.; PETERSEN, W. E. A measure of persistency of lactation of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 26, n. 4, p. 439-445, Apr. 1943.

MADALENA, F. E.; MARTINEZ, M. L.; FREITAS, A. F. Lactation curves of Holstein-Friesian and Holstein-Friesian x Gir cows. **Animal Production**, Edinburgh, v. 29, n. 1, p. 101-107, Aug. 1979.

MADSEN, O. A comparison of some suggested measures of persistency of milk yield in dairy cows. **Animal Production**, Edinburgh, v. 20, n. 2, p. 191-197, Apr. 1975.

MICHAELIS, L.; MENTEN, M. L. **Biochem. Z.** v. 49, p. 333, 1913.

MORANT, S. V.; GNANASAKTHY, A. A. New approach to the mathematical formulation of lactation curves. **Animal Production**, Edinburgh, v. 49, n. 2, p. 151-162, Oct. 1989.

NEAL, H. D.; THORNLEY, J. H. M. The lactation curve in cattle; a mathematical model of the mammary gland. **Journal of Agricultura Science**, Cambridge, v. 101, p. 389-400. 1983.

PAPAJCSIK, I. A.; BODERO, J. Modelling lactations curves of Friesian cows in a subtropical climate. **Animal Production**, Edinburgh, v. 47, n. 1, p. 201-207, Feb. 1988.

PINEDA, A. M. G. **Mathematical functions applied to dairy cow lactation curves**. 1987. 246 p. Thesis (Master of Science) - University of Florida, Florida.

REENTS, R.; REINHARDT, F.; ABRAMOWSKY, M. Calculation of persistency proofs from the German multi-lactation model for production traits. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON GENETIC IMPROVEMENT OF FUNCTIONAL TRAITS IN CATTLE, 1996. **Proceedings... Interbull Bulletin**, v. 12, p. 103-107, 1996.

SANDERS, H. G. The analysis of the lactation curve into maximum yield and persistency. **Journal of Agricultura Science**, Cambridge, v. 20, n. 2, p. 145-149, Apr. 1930.

SAS INSTITUTE. **User's guide: estatistics**. Cary, NC, 1996.

SHAEFFER, L. R., DEKKERS, J. C. M. Random regressions in animal models for test dairy production in dairy cattle. (compact disc). In: **WORLD CONGRESS OF GENETCS APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION**, 1994, 5., Guelph, ON, Canada. **Prodcodings...** Canada: University of Guelph, 1994.

SHANKS, R. D.; GERGER, P. J.; FREEMAN, A. E. Genetic aspects of lactation curves. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 64, n. 9, p. 1852-1860, Sept. 1981.

SHERCHAND, L.; McNEW, R.; KELLOGG, D.; JOHNSON, Z. B. Selection of a mathematical model to generate lactation curves using daily milk yields of Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 78, n. 11, p. 2507-2513, Nov. 1995.

SING, M. M.; TOMAR, N. S. Genetic studies on milk production in different lactations of Haryana cows. **Indian Veterinary Journal**, Chennai, v. 60, n. 10, p. 815-819, 1983.

SOLKNER, J.; FUCHS, W. A comparison of different measures of persistency with especial respect to variation of Test-day milk yields. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 16, n. 4, p. 305-319, June 1987.

TEKERLI, M.; AKINCI, Z.; DOGAN, I. et al. Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows from the Balikesir province of Turkey. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 6, p. 1381-1386, June 2000.

VARGAS, B.; KOOPS, W. J.; HERERRO, M; VAN ARENDONK J. A. Modeling extended lactations of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 6, p. 1371-1380, June 2000.

WILMINK, J. B. M. Adjustment of test-day milk, fat and protein yields from age, season and stage of lactation. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 16, n. 4, p. 335-348, June 1987.

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

WOOD, P. D. P. Factors affecting persistency of lactation in cattle. **Nature**, London, v. 218, n. 5144, p. 894, 1968.