

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 PRODUÇÃO¹

MARCOS AURÉLIO LOPES², ROGÉRIO SANTORO NEIVA³, JOSÉ VALENTE⁴, MARIO LUIZ MARTINEZ⁴, RÚBEN DELLY VEIGA⁵ ALOISIO RICARDO PEREIRA DA SILVA³, ARY FERREIRA DE FREITAS⁴

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos de alguns fatores sobre a forma da curva de lactação (parâmetros: **a**, constante associada com a produção média no início da lactação; **b**, taxa média de ascensão da produção até atingir a produção máxima e **c**, taxa média de declínio da produção após atingir o pico e as características pico, produção máxima e persistência) de vacas da raça Holandesa, variedade preto-e-branca, mantidas em sistema intensivo de produção. Os dados proveni-

entes do Sistema Intensivo de Produção de Leite (SIPL) - EMBRAPA, Brasília - DF são de 13 929 registros de controle leiteiro semanal de 311 lactações de 177 vacas PO e PC, iniciadas e encerradas entre 1985 e 1989. Utilizou-se um modelo estatístico que continha os fatores de ano de parto (AP), estação de parto (EP), grupo genético (GG), ordem de parto (OP), duração do período de serviço (PS) e duração da lactação (DL). O estudo foi feito pelo método dos quadrados mínimos. A EP não influen-

¹ Parte da dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada ao DZO da Universidade Federal de Lavras, para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

² Professor da Universidade Federal de Lavras, Departamento de Medicina Veterinária.

³ Professor da Universidade Federal de Lavras.

⁴ Pesquisador da EMBRAPA/CNPGL.

ciou nenhum dos parâmetros e nenhuma das características estudadas. O AP não influenciou o pico e a persistência medida por $P_{3:1}$ (proporção da produção de leite do terceiro período de 100 dias depois do parto, expressa como porcentagem da produção obtida durante os 100 primeiros dias). O GG não influenciou a produção inicial (a), o parâmetro c e a persistência $P_{3:1}$. A OP apenas não influenciou o parâmetro h . O PS influenciou apenas a e a persistência $P_{2:1}$ (proporção da produção de leite do segundo período de 100 dias depois do parto expressa como porcentagem da produção obtida durante os 100 primeiros dias).

Palavras-chave: confinamento total, curva de lactação, função tipo gama incompleta e rebanho holandês

APPLICATION OF THE GAMMA-TYPE FUNCTION IN A STUDY OF A LACTATION CURVE IN A BLACK AND WHITE HOLSTEIN KEPT IN AN INTENSIVE PRODUCTION SYSTEM

ABSTRACT - This work was carried out to study the effects of some factors on the shape of the lactation curve (parameters: a , constant associated with the average yield at the beginning of lactation; h , average rate of rise of the yield until it reaches the maximum yield; c , average rate of the yield fall after it reached the peak; and characteristics: peak, maximum yield, and persistence) of black and white Holstein cows kept in an intensive production system. The data obtained

from the MPIS (Milk Production Intensive System) - EMBRAPA, Brasília-DF, were 13,929 weekly dairy control records for 177 purebred and grade cows and 311 lactations started and finished between 1985 and 1989. A statistical model containing factors for calving year (Y), calving season (S), genetic group (GG), parity (P), days open (DO), and lactation length (LL) were utilized. The least squares analysis was used. The S effect did not influence the parameters and characteristics studied. The Y effect did not influence either peak or persistency as measured by $P_{3:1}$ (proportion of the milk yield of the third period of 100 days after calving expressed as a percentage of the yield obtained during the first 100 days). The GG effect did not influence initial yield (a), parameter c , and persistency $P_{3:1}$. Only the P effect had no influence on parameter h . The DO effect influenced only a and persistence $P_{2:1}$ (proportion of the milk yield of the latter period of 100 days after calving expressed as a yield percentage obtained during the the first 100 days).

Key Words: feedlot conditions, lactation curve, function gamma incomplete, holstein herd

INTRODUÇÃO

Inúmeros pesquisadores, já há muitos anos, têm procurado conhecer o comportamento da produção de leite ao longo do tempo em que transcorre a lactação. Os resultados mais significativos de tais estudos foram obtidos nos últimos 30 anos, destacan-

do-se os trabalhos realizados por WOOD (1967, 1968 e 1976), KEOWN e VAN VLECK (1973) e MOLINA e BOSCHINI (1979), os quais procuraram obter modelos e equações capazes de representar a curva de lactação com grande nível de exatidão. Entende-se por curva de lactação a representação gráfica da produção diária de leite de uma vaca em função do tempo de lactação, normalmente 305 dias ou 10 meses.

O estudo da curva de lactação de uma vaca ou de grupos de vacas é muito útil, pois, quando uma função algébrica é usada para descrever uma curva de lactação, as produções de leite, gordura e proteína e as porcentagens de proteína, gordura (STANTON et al., 1992) e lactose (MORANT e GNANASAKTHY, 1989) podem ser previstas em qualquer estágio da lactação. Podem-se prever, também, as quantidades de alimento suplementar a serem adquiridas e fornecidas aos animais para melhorar a eficiência do manejo. Outro ponto de relevância é a predição da produção total de leite da vaca a partir de registros parciais e, ou, incompletos, o que permite identificar, antecipadamente, as vacas potencialmente mais produtivas de um rebanho. Isto irá proporcionar a escolha antecipada de machos como futuros tourinhos e a escolha precoce das fêmeas de reposição dentro do rebanho, o que permite a tomada de decisões sobre o descarte dos animais. Outra vantagem da previsão da produção total para lactações em andamento é o aumento do número de filhas que serão utilizadas na avaliação de touros.

WOOD (1967) apresentou o modelo $Y = at^b e^{-ct}$, a qual é uma curva do tipo gama incompleta que pode ser usada em um único animal ou em grupo de animais como uma primeira tentativa para descrever uma lactação inteira. Nesse modelo Y é a produção média de leite no instante t ; a é a constante associada com a produção média no início da lactação; b é a taxa média de ascensão da produção até atingir a produção máxima; c é a taxa média de declínio da produção após atingir o pico; e e é a base dos logaritmos neperianos. Esse autor linearizou o modelo, que resultou em $\ln Y_t = \ln a + b \ln t - ct$

COBBY e LE DU (1978), utilizando o modelo de WOOD (1967), verificaram que os dados não transformados proporcionam melhor ajuste, mas salientam que a análise não linear é computacionalmente mais complexa e demorada. Tal complexidade e demora é em razão da utilização de processo iterativo, que pressupõe estimativas iniciais dos parâmetros do modelo. As mesmas dificuldades computacionais foram verificadas por MORANT e GNANASAKTHY (1989).

Para o modelo tipo gama proposto por WOOD (1967), o pico de produção ocorre para $t = b/c$ semanas. O valor da produção máxima é $Y = a(b/c)^b e^{-b}$ kg de leite, e a persistência, que é a extensão pela qual o pico de produção é mantido, é calculada por: $\ln S = -(b + 1) \ln c$.

A forma da curva de lactação pode ser influenciada por diversos fatores, dentre os quais estação de parição, o ano de parição, a idade da vaca ao parto e, ou, ordem de parição, dura-

ção do período de serviço, duração da lactação e grupo genético.

No que se refere à estação de parição, efeito significativo ($p < 0,01$) para os parâmetros **a**, **b** e **c** da curva foram verificados por STRANDBERG e LUNDBERG (1991) e por MADALENA et al. (1979). No entanto, segundo DURÃES et al. (1991), a estação de parto não influenciou nenhum dos parâmetros e das características estudadas (pico, produção máxima e persistência).

A produção inicial, a produção ao pico e a persistência, bem como a produção total, foram influenciadas ($P < 0,05$) pelo ano de parto, de acordo com QUEIROZ et al. (1991). Tais autores atribuíram esses efeitos a variações de temperatura, precipitação pluviométrica e luminosidade, que influenciam a qualidade e quantidade das forrageiras, as mudanças de manejo e a composição genética do rebanho, além dos aspectos sanitários dos animais.

A idade e, ou, ordem de parição tiveram grande influência na produção inicial, produção máxima, persistência e produção total, sendo a regressão quadrática a que melhor explicou esse efeito, como mostraram QUEIROZ et al. (1991) em suas avaliações.

A ordem de parto influenciou significativamente ($P < 0,01$) os parâmetros **a** e **c**, além da persistência, época do pico e produção máxima. Os animais de primeira ordem tiveram produção inicial menor, pico mais tardio e maior persistência, enquanto nas demais ordens (segunda a quarta) não houve diferença significativa. Quanto à produção máxima da terceira e quar-

ta ordens, que não diferiram entre si, foram estatisticamente superiores a de primeira e segunda, segundo DURÃES et al. (1991).

No que tange ao período de serviço, CONGLETON e EVERETT (1980) verificaram que esse influenciou significativamente o parâmetro **c** para a primeira lactação e os parâmetros **b** e **c** para a segunda lactação, não influenciando nenhum dos parâmetros para a terceira ou demais lactações. GROSSMAN et al. (1986) verificaram que o período de serviço não mostrou efeito significativo em nenhum dos parâmetros.

Lactações mais curtas apresentam rápido aumento até o pico, com valores altos de **b** e também declínio acentuado, caracterizando baixa persistência, conforme ABUBAKAR e BUVANENDRAN (1981). Esses autores observaram que a persistência aumentou com o aumento da duração da lactação.

No estudo de grupo genético, RIBAS et al. (1983) verificaram que os animais puros por cruzamento (GC1, 2, 3 e 4) apresentaram maior produção média, superando os puros de origem.

Por serem escassas as informações referentes aos fatores de meio ambiente e genéticos que influem na forma da curva de lactação, em rebanhos brasileiros, constitui-se objetivo deste estudo: verificar os efeitos da estação de parição, ordem de parto, do grupo genético, da duração do período de serviço, duração da lactação e do ano de parto sobre o pico de produção, produção máxima, persistência da lactação e os parâmetros das curvas **a** (constante associada à produção mé-

dia no início da lactação), **b** (taxa média de ascensão da produção até atingir a produção máxima) e **c** (taxa média de declínio da produção após atingir o pico).

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados no presente estudo são provenientes do rebanho do Sistema Intensivo de Produção de Leite (SIPL), Fazenda Tamanduá, pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), localizado em Brasília - DF. O referido rebanho é constituído por vacas da raça Holandesa, com composição racial que varia desde GC1 (geração controlada número 1) a GHB (gado holando-brasileiro) e puras de origem (PO). Reúne 13929 registros de controle leiteiro de 311 lactações de 177 vacas, todas iniciadas e encerradas entre janeiro de 1985 e setembro de 1989.

As ordenhas eram realizadas duas vezes ao dia, mecanicamente em uma sala de ordenha tipo "espinha de peixe" duplo 8, a intervalos de 10 e 14 horas entre uma e outra. O controle leiteiro (pesagens) era realizado semanalmente, e as produções individuais eram anotadas em fichas.

Após descartadas todas as lactações incompletas (aquelas que não possuíam datas de início e, ou, datas de final), bem como todos os intervalos de partos menores que 300 dias e maiores que 730 dias e também as lactações iniciadas no ano de 1989 (em número de 11), por serem consideradas um número reduzido quando comparadas aos demais anos, os dados foram divididos em classes,

objetivando melhor estudo de alguns fatores sobre os componentes da curva de lactação: os animais foram divididos de acordo com os grupos genéticos, sendo o grupo 1 constituído de animais PO e o grupo 2 de animais PC (GC1 a GHB). No que tange às ordens de parto, os animais foram divididos em vacas de primeira ordem que pariram até 42 meses de idade (classe 1) e vacas com mais de 42 meses ao parto (classe 2). O período de serviço foi dividido em quatro classes, a saber: menor que 50 dias, de 50 a 98, de 99 a 148 e maior que 149 dias.

Para se estimarem os períodos de serviço, utilizou-se a fórmula: $PS = IEP - 280$ dias, em que PS é o período de serviço; IEP o intervalo de dois partos consecutivos (em dias); e 280 dias, o período médio de gestação na raça Holandesa, segundo DE FRIES et al. 1959. Utilizou-se a função tipogâmica incompleta (WOOD, 1967) $Y_t = a t^b e^{-ct}$, que foi linearizada por transformação logarítmica, resultando em: $\ln Y_t = \ln a + b \ln t - ct$, em que Y_t = estimativa de produção média diária de leite na semana t de lactação; a é a constante associada com a produção média no início da lactação; b é a taxa média de ascensão da produção até atingir a produção máxima; c é a taxa média de declínio da produção após atingir o pico; e e a base dos logaritmos neperianos.

Os parâmetros foram estimados pelo método dos quadrados mínimos, por meio da regressão linear múltipla. Foi realizado pelo procedimento G.L.M. do SAS (1989) o estudo dos fatores de meio que influenciam a forma da curva de lactação por meio dos parâmetros a , b e c , além das características: pico (época em que

esse ocorre), produção máxima e persistência (extensão pela qual o pico de produção é mantido). A persistência foi calculada pelo método de WOOD (1967), pela fórmula: $\ln S = -(b + 1) \ln c$ e também pelo método proposto por Johansson e Hansson (1940), citados por JOHANSSON e RENDEL (1972), em que $P_{2:1}$ e $P_{3:1}$ são, respectivamente, as proporções da produção de leite do segundo e terceiro períodos de 100 dias depois do parto, expressas como porcentagem da produção obtida durante os 100 primeiros dias de lactação.

O modelo estatístico utilizado no presente estudo foi:

$$Y_{ijklmn} = \mu + AP_i + EP_j + GG_k + OP_l + PS_m + b(DL_{ijklmn} - DL) + e_{ijklmn}$$

em que

Y_{ijklmn} = observação (parâmetros **a**, **b** e **c** e as características pico, persistência, produção máxima, $P_{2:1}$ e $P_{3:1}$) da lactação *n*, da vaca de período de serviço *m*, da ordem de parto *l*, do grupo genético *k*, que pariu na estação *j*, do ano *i*;

μ = média geral;

AP_i = efeito fixo do ano de parto, sendo *i* = 1985, 1986, 1987 e 1988;

EP_j = efeito fixo da estação de parição, sendo *j* = chuvosa e seca;

GG_k = efeito fixo do grupo genético, sendo *k* = PO e PC;

OP_l = efeito fixo da ordem de parto, sendo *l* = vacas de primeira ordem que pariram até 42 meses de idade e vacas com mais de 42 meses ao parto;

PS_m = efeito fixo da duração do período de serviço em classes, sendo *m* = 1, 2, 3 e 4;

b = coeficiente de regressão linear da observação em função da duração da lactação;

DL_{ijklmn} = duração da lactação *n*, da vaca de período de serviço *m*, da ordem de parto *l*, do grupo genético *k*, que pariu na estação *j*, do ano *i*; e

DL = médias das durações das lactações

e_{ijklmn} = erro associado a cada observação, independente e normalmente distribuído, com média zero e variância σ_e^2

QUADRO 1- Valores dos parâmetros **a**, **b** e **c**, coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de variação (CV) e raiz do quadrado médio do erro (\sqrt{QME}), estimados por meio da função tipo gama incompleta

TABLE 1 - Values of parameters **a**, **b** and **c**, coefficient of determination (R^2), coefficient of variation (CV), and root mean square error (\sqrt{MSE}) estimated by incomplete gamma-type function

Função Function	a	b	c	R^2	CV	$\frac{\sqrt{QME}}{\sqrt{MSE}}$
Tipo gama incompleta Incomplete gamma-type	3,1565	0,2484	0,0378	0,5067	10,7754	0,3232

a - Constante associada com a produção média no início da lactação; **b** - Taxa média de ascensão da produção até atingir a produção máxima; **c** - Taxa média de declínio da produção após atingir o pico.

a - Constant associated with the average yield at the beginning of lactation; **b** - average rate of rise of the yield until it reaches the maximum yield; **c** - average rate of the yield fall after it reached the peak.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos parâmetros a , b e c (sendo a a constante associada com a produção média no início da lactação; b a taxa média de ascensão da produção até atingir a produção máxima; e c a taxa média de declínio da produção após atingir o pico), R^2 (coeficiente de determinação), CV (coeficiente de variação) e raiz do quadrado médio do erro da função estudada, obtida por meio da análise de variância da regressão geral (todas as variáveis em estudo) estão apresentadas no Quadro 1.

No estudo para verificar a influência de alguns fatores sobre a forma da curva de lactação foram encontradas seis curvas atípicas, com estimativas

negativas de b , o que corresponde a 1,92% das lactações. Tal valor deve-se ao fato de os controles leiteiros serem realizados rigorosamente toda semana, não ocorrendo o primeiro dia de controle depois de oito dias pós-parto. As proposições de CONGLETON e EVERETT (1980), que obtiveram 6,9% de curvas atípicas quando o primeiro controle ocorria antes de 10 dias pós-parto, vêm corroborar o presente resultado.

Este percentual de 1,92% é bastante inferior a todos os encontrados na literatura, à exceção dos resultados de SHANKS et al. (1981), que encontraram 0,73%. Esses autores utilizaram procedimentos matemáticos para estimar a produção de leite no sexto dia, com o objetivo de reduzir

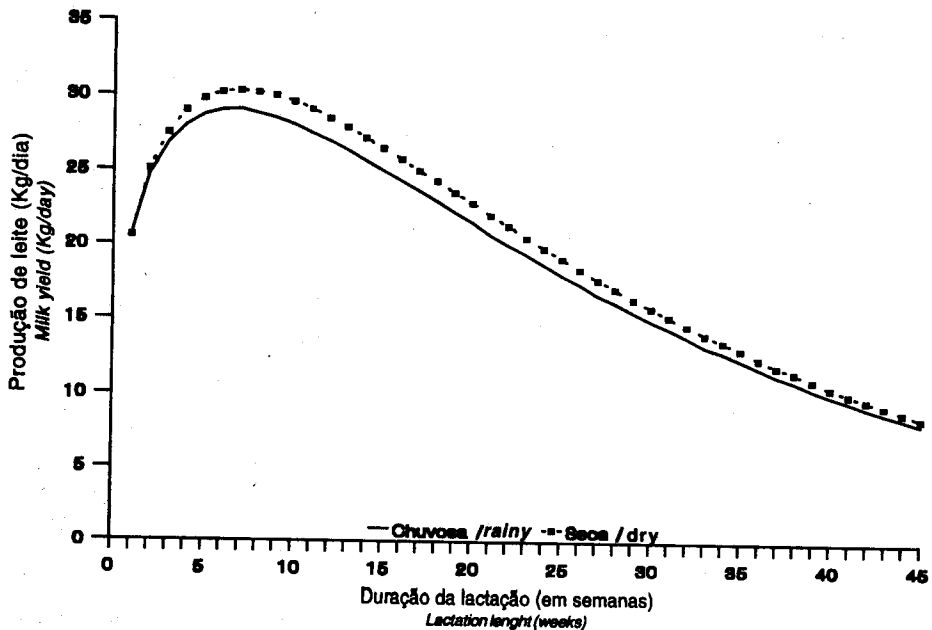


FIGURA 1 - Curvas de lactações segundo a estação de parição.
 FIGURE 1 - Lactation curves according to calving season.

QUADRO 2 - Média dos quadrados mínimos dos parâmetros **a**, **b** e **c** e das características: pico (P), persistência (In S), produção máxima (PM), P_{2:1} e P_{3:1} para os efeitos estudados, estimados pela função tipo gama incompleta
 TABLE 2 - Least squares means for parameters **a**, **b**, and **c** and for characteristics: peak (P), persistence (InS), maximum yield (MY), P_{2:1} and P_{3:1} for the effects studied, estimated by incomplete gamma-type function

Efeito (Effect)	a	b	c	Pico (dias) Peak (days)	In S	PM (kg de leite) MY (kg of milk)	P _{2:1}	P _{3:1}
Estação: (Season)								
Chuvosa (Rainy)	3,0822	0,3243	0,0492	48	4,06	30,57	0,8259	0,6764
Seca (Dry)	3,0787	0,3543	0,0506	51	4,10	31,70	0,8126	0,6452
Ano (Year)								
1985	3,1482	0,3404	0,0553	48	3,97	32,12	0,8138	0,6456
1986	3,1400	0,3292	0,0494	46	4,04	32,51	0,7984	0,6340
1987	2,9767	0,3992	0,0544	53	4,15	30,76	0,8360	0,6932
1988	3,0567	0,2883	0,0405	50	4,17	29,15	0,8288	0,6703
Grupo genético: (Genetic group)								
PO (Purebred)	3,0995	0,3130	0,0498	46	4,01	30,12	0,7817	0,6366
PC (Grade cows)	3,0614	0,3655	0,0501	53	4,15	32,14	0,8568	0,6849
Ordem de parto: (Parity)								
Primeira (First)	2,9798	0,3110	0,0434	54	4,20	27,84	0,8605	0,7287
Demais ordens	3,1811	0,3676	0,0565	45	3,97	34,43	0,7780	0,5929
(Other parities)								
Período de serviço: (Days open)								
0 - 45	3,0027	0,3594	0,0491	51	4,16	30,15	0,8225	0,6820
50 - 98	3,1876	0,3232	0,0527	47	3,98	32,97	0,7585	0,6249
99 - 148	3,0851	0,3429	0,0506	50	4,09	30,82	0,7946	0,6543
149 - 450	3,0463	0,3315	0,0473	50	4,10	30,59	0,9013	0,6819

a - Constante associada com a produção média no início da lactação; **b** - Taxa média de ascensão da produção até atingir a produção máxima; **c** - Taxa média de declínio da produção após atingir o pico; P_{2:1} - Proporção da produção de leite do segundo período de 100 dias depois do parto, expressa como porcentagem da produção obtida durante os 100 primeiros dias; P_{3:1} - Proporção da produção de leite do terceiro período de 100 dias depois do parto, expressa como porcentagem da produção obtida durante os 100 primeiros dias.

a - Constant associated with the average yield at the beginning of lactation; **b** - average rate of rise of the yield until it reaches the maximum yield; **c** - average rate of the yield fall after it reached the peak; P_{2:1} - proportion of the milk yield of the second period of 100 days after calving expressed as a percentage obtained during the first 100 days; P_{3:1} - proportion of the milk yield of the third period of 100 days after calving expressed as a percentage of the yield obtained during the first 100 days.

o percentual de lactações atípicas, quando então era esperado um valor de 30%.

Um resumo da análise de variância dos parâmetros da curva de lactação (**a**, **b**, **c**) e das características pico (**P**), persistência (**ln S**), produção máxima (**PM**), $P_{2:1}$ e $P_{3:1}$, que são, respectivamente, as proporções da produção de leite do segundo e terceiro períodos de 100 dias depois do parto, expressas como porcentagem da produção obtida durante os 100 primeiros dias de lactação, da função tipo gama incompleta para os diferentes efeitos, bem como os valores de R^2 e CV de cada parâmetro e característica, é apresentado no Quadro 2.

Encontram-se no Quadro 3 os valores das médias dos quadrados mínimos dos parâmetros **a**, **b** e **c** e das características época em que ocorre o pico (**P**), persistência (**ln S**), produção máxima (**PM**), $P_{2:1}$ e $P_{3:1}$, para todas as variáveis em estudo.

Na literatura consultada encontram-se valores semelhantes de R^2 e CV para os parâmetros e as características estudados.

A estação de parto não influenciou nenhum dos parâmetros da curva (**a**, **b**, **c**), bem como nenhuma das características em estudo: pico, persistência, produção máxima, $P_{2:1}$ e $P_{3:1}$, sendo, portanto, ambas as curvas bastante semelhantes, o que pode ser observado na Figura 1. Estes resultados, provavelmente, são devidos à uniformidade de manejo no decorrer do ano, adequabilidade das instalações e também em razão da constância do regime alimentar, sendo a alimentação (concentrada e volumosa)

praticamente a mesma.

No presente estudo, a produção inicial foi 20,7 e 20,6 kg, o pico ocorreu no 48º e 51º dias e a produção máxima foi de 30,5 e 31,7 kg de leite ao dia para as estações chuvosa e seca, respectivamente, que não apresentaram diferenças significativas. Os valores dos parâmetros e das características estudadas podem ser vistos no Quadro 3.

Resultados semelhantes foram obtidos por DURÃES et al. (1991), bem como por WOOD (1972), o qual verificou ser a forma da curva substancialmente a mesma para todas as vacas (depois de eliminado o efeito da ordem de parto), independentemente da data de parição, observando ainda que a variação estacional é muito menos evidente em animais estabulados do que em animais não estabulados.

Em contrapartida, QUEIROZ et al. (1991) e BUZZETTI et al. (1985) verificaram que a estação de parto influenciou a produção inicial e a persistência. No trabalho de STRANDBERG e LUNDBERG (1991) os três parâmetros foram influenciados.

O ano de parto da vaca influenciou os parâmetros **a**, **b** e **c**, assim como as características persistência e produção máxima, não sendo influenciada a época em que ocorre o pico, $P_{2:1}$ e $P_{3:1}$.

No que tange à produção inicial, os valores foram de 22,0; 21,9; 18,5 e 20,4 kg de leite ao dia para os anos de 1985, 1986, 1987 e 1988, respectivamente. As vacas paridas em 1988 e 1987 foram as mais persistentes (com índices de 4,17 e 4,15), sendo aquelas de 1985 as menos (3,97). A produção

QUADRO 3 - Resumo da análise de variância dos parâmetros da curva de lactação (a, b, c) e das características: pico (P), persistência (ln S), produção máxima (PM) e P_{2:1} e P_{3:1} e os níveis de significância (NS) para os diferentes efeitos pela função tipo gama incompleta

TABLE 3 - Summary of analyses of variance for the parameters of lactation curves (a, b, and c) and characteristics: peak (P), persistence (ln S), maximum yield (MY), and P_{2:1} and P_{3:1}, and levels of significance (LS) for the different effects by incomplete gamma-type function

Fonte de variação Source of variation	GL DF	Quadrados médios e níveis de significância Mean squares and levels of significance															
		a	NS LS	b	NS LS	c	NS LS	Pico Peak	NS LS	ln(S)	NS LS	PM MY	NS LS	P _{2:1} LS	NS LS	P _{3:1} LS	
Estação de parto	1	0,0008	0,9230	0,0634	0,1662	0,0001	0,5089	13,5150	0,1423	0,1007	0,3137	90,4954	0,0812	0,0123	0,5257	0,0682	0,2093
Calving season	3	0,2626	0,0080	0,1813	0,0011	0,0033	0,0001	12,7149	0,1089	0,3806	0,0100	149,1753	0,0020	0,0186	0,6087	0,0437	0,3860
Ano de parto	1	0,0833	0,3376	0,1582	0,0292	4,27 x 10 ⁻⁶	0,9064	62,6205	0,0017	1,1328	0,0008	233,7385	0,0053	0,3238	0,0013	0,1340	0,0788
Year of calving	1	1,1835	0,0003	0,0936	0,0929	0,0049	0,0001	53,0654	0,0038	1,5559	0,0001	1266,469	0,0001	0,1992	0,0111	0,5391	0,0005
Grupo genético	1	0,2872	0,0244	0,0107	0,8069	0,0001	0,5859	3,8858	0,6010	0,2583	0,0516	73,2741	0,0614	0,1261	0,0068	0,0321	0,5253
Ordem de parto	3	0,8465	0,0024	0,5305	0,0001	0,3019	0,0001	83,4709	0,0003	5,0953	0,0001	431,2339	0,0002	0,0040	0,7147	0,2939	0,0095
Período de serviço	1	0,0329	0,0329	0,0003	0,0003	0,0003	6,2426	0,0988	0,0988	0,0988	0,0988	29,5581	0,0305	0,0305	0,0305	0,0305	0,0305
Parity	288	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903
Days open	1	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308
Duração da lactação	1	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010
Lactation length	1	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308
Erro	288	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903
Residual	288	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903	0,0903
R ²		0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308	0,2308
CV		9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010	9,8010

a - Constante associada com a produção média no início da lactação; b - Taxa média de ascensão da produção até atingir a produção máxima; c - Taxa média de declínio da produção após atingir o pico; P_{2:1} - Proporção da produção de leite do segundo período de 100 dias depois do parto, expressa como percentagem da produção obtida durante os 100 primeiros dias; P_{3:1} - Proporção da produção de leite do terceiro período de 100 dias depois do parto, expressa como percentagem da produção obtida durante os 100 primeiros dias.
 a - Constant associated with the average yield at the beginning of lactation; b - average rate of rise of the yield until it reaches the maximum yield; c - average rate of the yield fall after it reached the peak; P_{2:1} - proportion of the milk yield of the second period of 100 days after calving expressed as a yield percentage obtained during the first 100 days; P_{3:1} - proportion of the milk yield of the third period of 100 days after calving expressed as a percentage of the yield obtained during the first 100 days.

máxima, em kg de leite ao dia, foi de 32,1; 32,5; 30,7 e 29,1 e a época do pico, de 48, 46, 53 e 50 dias, respectivamente, para os anos de 1985, 1986, 1987 e 1988. A forma das curvas para os diferentes anos pode ser vista na Figura 2.

Tais resultados podem ter sido em razão das diferenças na alimentação e no manejo, na temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar, influenciando o conforto, bem como a quantidade e qualidade das forrageiras oferecidas aos animais ao longo dos anos. Uma explicação para a menor persistência e maior produção inicial verificadas no ano de 1985 é, provavelmente, o menor número de lactações de animais de primeira ordem de parto acontecido nesse ano. O

observado neste estudo difere dos resultados de ROWLANDS et al. (1982), que verificaram não serem os parâmetros *a*, *b* e *c* e a persistência influenciados pelo ano de parto, exceção feita à semana em que ocorre o pico, o que vai ao encontro ao observado no presente estudo.

Entretanto, CONGLETON e EVERETT (1980), QUEIROZ et al. (1991) e DURÃES et al. (1991) encontraram resultados semelhantes aos do presente estudo.

A ordem de parto não influenciou apenas o parâmetro *b*.

As produções iniciais foram de 18,8 e 22,7 kg de leite por dia para os animais de primeira e segunda ordens e demais, respectivamente. O pico ocorreu mais tardiamente na primeira

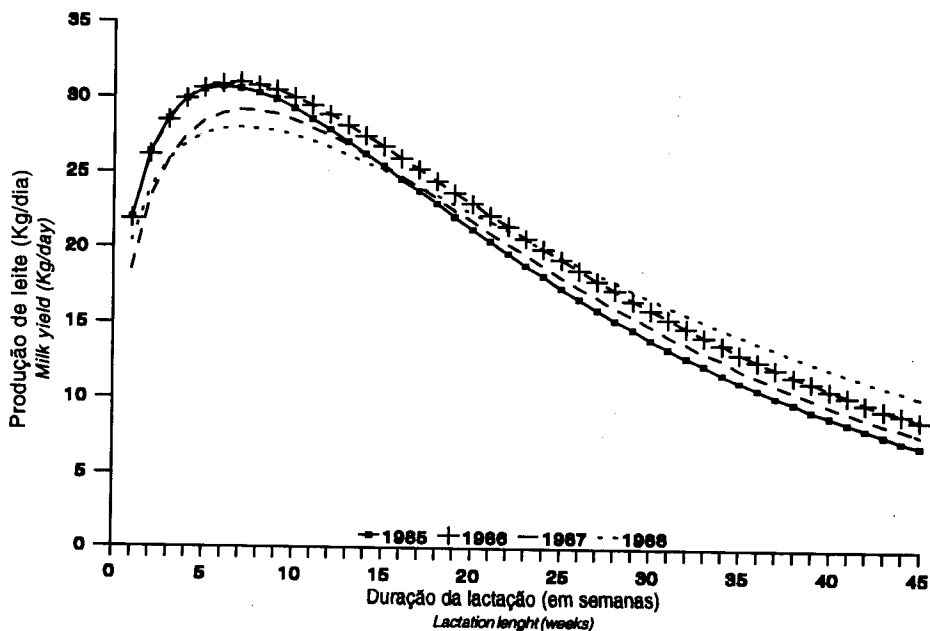


FIGURA 2 - Curvas de lactações segundo o ano de parição.
FIGURE 2 - Lactation curves according to calving year.

ordem (54 dias) que na segunda e demais ordens (45 dias). A produção máxima foi bem superior (34,4 kg) nestas em relação àquelas (27,8 kg de leite por dia). No que diz respeito à persistência, pelos dois métodos, os de primeira ordem foram bem superiores.

A superioridade das vacas de segunda e demais ordens, em relação à produção inicial e produção máxima, pode ser explicada pelo fato de esta classe possuir animais mais próximos da maturidade fisiológica, em que, nesta fase, resultados de pesquisas de ESSLEMONT et al. (1985) mostram que a produção de leite aumenta numa taxa decrescente até cerca de oito anos de idade, quando já na maturidade as vacas produzem cerca de 25% a mais de leite do que as de primeira

ordem de parto (em torno de dois anos de idade). Parte desse acréscimo (5%) é em razão do aumento no peso vivo, ao passo que os 20% restantes são o resultado do aumento do desenvolvimento do úbere durante as gestações decorrentes.

Esta superioridade, bem como a maior persistência dos animais de primeira ordem de parto, está de conformidade com a grande maioria da literatura consultada.

As curvas de lactação para as vacas de primeira ordem que pariram até 42 meses de idade e vacas com mais de 42 meses ao parto são mostradas na Figura 3.

O período de serviço influenciou apenas a característica $P_{2;1}$ e o parâmetro a , sendo a classe 2 a de maior produção inicial, com 22,9 kg de

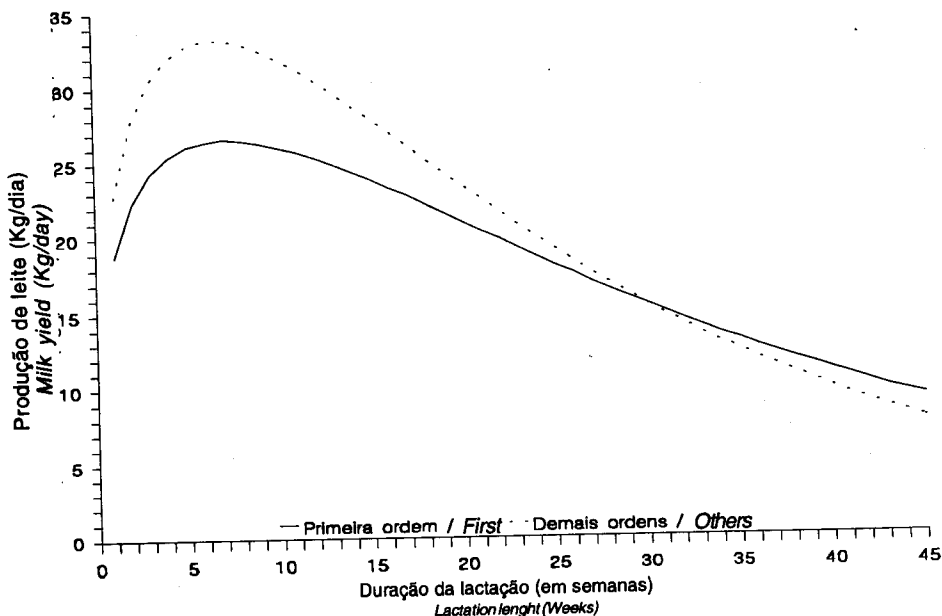


FIGURA 3 - Curvas de lactações segundo a ordem de parto.
FIGURE 3 - Lactation curves according to parity.

leite.

Pelo método de JOHANSSON e HANSSON (1940), citados por JOHANSSON e RENDEL (1972), na $P_{2:1}$ a classe 4 foi a mais persistente.

A forma das curvas de lactação para as diferentes classes de duração do período de serviço pode ser observada na Figura 4.

O maior efeito do período de serviço deveria ocorrer no segmento descendente da curva, ou seja, no parâmetro c e na persistência, o que poderia ser explicado fisiologicamente pelas diferenças de concentrações hormonais ocorridas durante a lactação e gestação concorrentes. Mas, ao contrário do que se esperava,

a influência foi verificada sobre o parâmetro a .

CONGLETON e EVERETT (1980) encontraram resultados semelhantes para o parâmetro a da primeira lactação. GROSSMAN et al. (1986) e DURÃES et al. (1991) verificaram não ser nenhum dos parâmetros influenciados pela duração do período de serviço, discordando, parcialmente, dos presentes resultados.

No que se refere à época em que ocorre o pico, DE BOER et al. (1989) observaram influência do período de serviço, o que não aconteceu neste estudo.

A duração média da lactação foi de 315 dias. Ela não influenciou apenas a

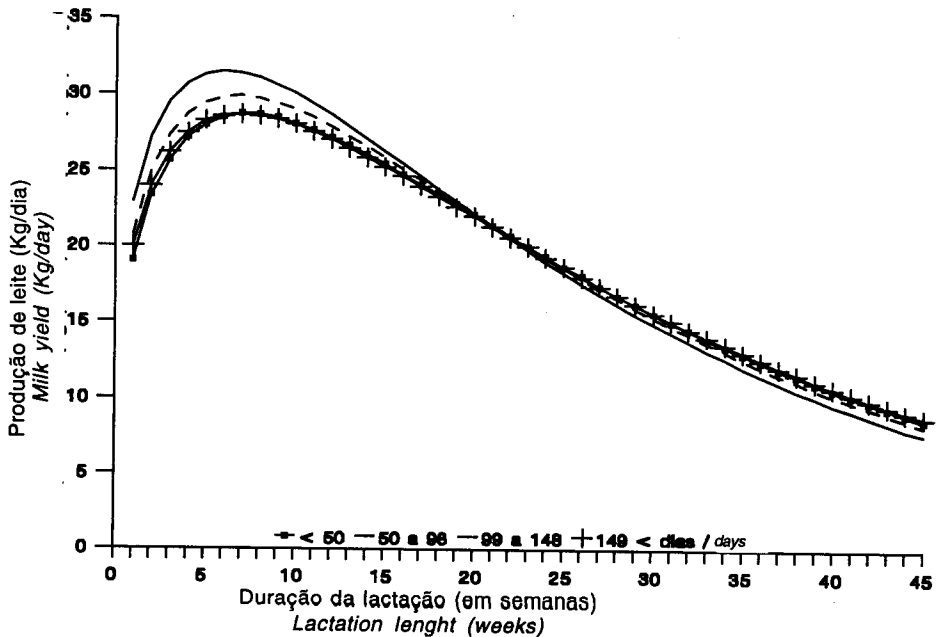


FIGURA 4 - Curvas de lactações segundo a duração do período de serviço.
 FIGURE 4 - Lactation curves according to days open.

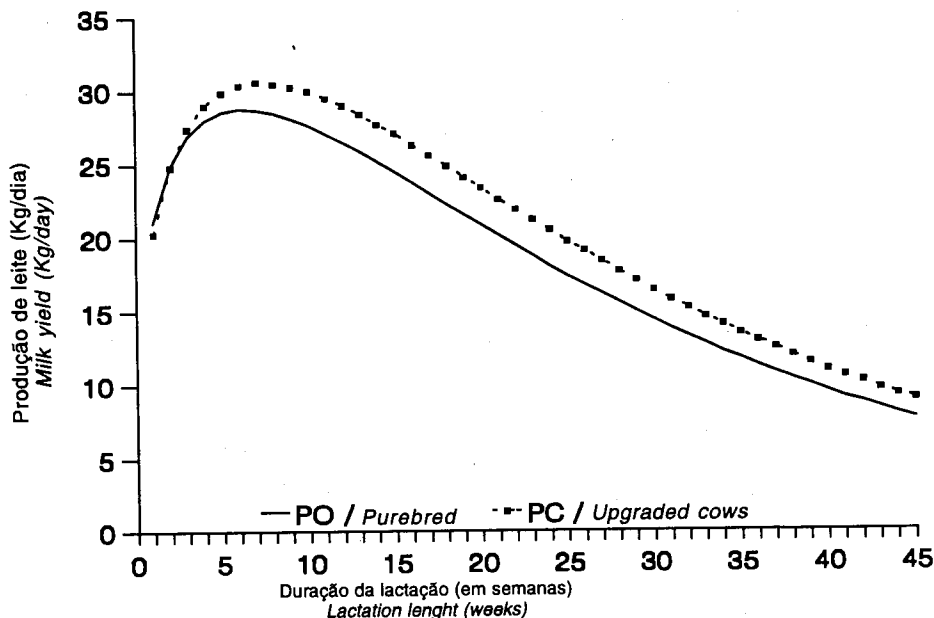


FIGURA 5 - Curvas de lactações segundo o grupo genético.
 FIGURE 5 - Lactation curves according to genetic group.

característica $P_{2;1}$. Com o aumento da duração da lactação, os valores da produção inicial, produção máxima e persistência ($\ln S$ e $P_{3;1}$) tornaram-se maiores, havendo redução do parâmetro h , ou seja, o aclave da curva foi mais suave, ocorrendo o pico mais tardiamente.

No que se refere aos parâmetros a , h , e c e à persistência, tais resultados estão de acordo com ABUBAKAR e BUVANENDRAN (1981). Os presentes resultados são diferentes dos encontrados por DURÃES et al. (1991), que verificaram não ser influenciados os parâmetros a , h e as características pico e produção máxima.

O grupo genético influenciou o parâmetro h e as características época do pico, produção máxima, $P_{2;1}$ e

persistência, não influenciando $P_{3;1}$.

A produção inicial dos animais PO (21,1 kg/dia) foi levemente superior à produção dos PC (20,3 kg/dia), sem diferença significativa. Os PC mostraram-se bem mais persistentes, por ambos os métodos, em relação aos PO. A produção máxima foi 32,1 kg leite por dia para os PC e 30,1 kg para os PO. O pico ocorreu mais precocemente nos animais PO, 46 dias, contra 53 dias para os PC. Pela Figura 5 podem-se observar tais considerações.

A superioridade dos animais PC em relação aos PO pode ser em razão de problemas de adaptação dos puros de origem às condições climáticas do local, não podendo, portanto, exteriorizar suas potencialidades genéticas.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos e nas condições em que foi realizado o presente estudo, pode-se concluir que a forma da curva foi influenciada pelo ano e pela ordem de parto, pelo grupo genético e pela duração do período de serviço; não sendo influenciada pela estação de parto. O uso da curva tipo gama incompleta para seleção de animais e para melhorar a eficiência do manejo, a partir de registros parciais e, ou, incompletos, somente é viável se os mesmos pertencerem à mesma classe de ordem de lactação, ao mesmo grupo genético e ter a mesma duração do período de serviço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. ABUBAKAR, B. Y., BUVANENDRAM, V. Lactation curves of Friesian-Bunaji crosses in Nigéria. *Liv. Produç. Sci.*, Amsterdam, v. 8, p. 11-19, 1981.
02. BUZZETTI, G. I., PEREZ, C. C., BARRIA, N. P.; et al.. Características lecheras de la raza holstein frisian en la region metropolitana (Chile) II. Curvas de lactancia. *Ci. Inv. Agr.*, Santiago, v. 12, n. 3, p. 189-198, 1985.
03. COBBY, J. M., LEDU, Y. L. P. On fitting curves to lactation data. *Anim. Produç.*, London, v. 26, n. 2, p. 127-133, Apr., 1978.
04. CONGLETON Jr., W. R., EVERETT, R. W. Error and bias in using the incomplete gamma function to describe lactation curves. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v. 63, n. 1, p. 101-108, Jan., 1980.
05. DEBOER, J. A., WELLER, J. I., GIPSON, T. A., et al.. Multiphasic analysis of milk and fat yield curves of Israeli holsteins. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v. 72, n. 8, p. 2143-2152, Aug., 1989.
06. DEFRIES, J. C., TOUCHBERRY, R. W., HAYS, R. L. Heritability of the length of the gestation period in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v. 42, n. 4, p. 598-606, Apr., 1959.
07. 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. Zootec.*, Belo Horizonte, v. 43, n. 5, p. 447-458, out., 1991.
08. ESSLEMONT, R. J., BAILIE, J. H., COOPER, M. J., et al.. *Fertility management in dairy cattle*. London: British Library, 1985. 93p.
09. GROSSMAN, M., KUCK, A. L., NORTON, H. W. Lactation curves of purebred and crossbred dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v. 69, n. 1, p. 195-203, Jan., 1986.
10. JOHANSSON, I RENDEL, J. *Genética y mejora animal*. Traduzido por Francisco Puchal Mas y Pedro Ducar Maluenda. Zaragoza: Editorial Acribia, 1972. 567p.
11. KEOWN, J. F. VAN VLECK, L. D. Extending lactation records in progress to 305-day equivalent. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v. 56, n. 8, p. 1070-1079, Aug., 1973.
12. MADALENA, F. E., MARTINEZ, M. L., FREITAS, A. F. Lactation curves of holstein - friesland and holstein - friesland x gir cows. *Anim. Produç.*, Edinburgh, v. 29, n. 1, p. 101-108, Aug., 1979.
13. MOLINA, J. R., BOSCHINI, C. Ajuste de la curva de lactancia de ganado Holstein con un modelo lineal modal. *Agron. Costarricense*, San José, v. 3, n. 2, p. 167-174, 1979.
14. MORANT, S. V., GNANASAKTHY, A. A new approach to the mathematical formalation of lactation curves. *Anim. Produç.*, Edinburgh, v. 49, n. 2, p. 151-162, Oct., 1989.
15. QUEIROZ, S. A., FREITAS, M. A. R. de, ALBUQUERQUE, L. G. de, et al. Fatores genéticos e de ambiente que influenciam os componentes da curva de lactação de bovinos da raça holandesa. *Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec.*, Belo Horizonte, v. 43, n. 4, p. 357-370, ago., 1991.
16. RIBAS, N. P., MILAGRES, J. C., GARCIA, J. A., et al. Estudo da produção de leite e gordura em rebanhos holandeses da bacia leiteira de Castrolanda, estado do Paraná. *R. Soc. Bras. Zootec.*, Viçosa, MG, v. 12, n. 4, p. 720-740, out./dez., 1983.
17. ROWLANDS, G. J., LUCEY, S., RUSSELL, A. M. A comparison of different models of the lactation curve in dairy cattle. *Anim. Produç.*, Edinburgh, v. 35, n. 1, p.

- 135-144, Aug., 1982.
18. SAS/STAT user's guide - version 6, 4 ed, Cary: SAS Institute, 1989, v.1, p.943.
 19. SHANKS, R. D., BERGER, P. J., FREEMAN, A. E., et al. Genetic aspects of lactation curves. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v. 64, n. 9, p. 1852-1860, Sep., 1981.
 20. STANTON, T. L., JONES, L. R., EVERETT, R. W., et al. Estimating milk, fat, and protein curves with a test day model. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v. 75, n. 6, p. 1691-1700, Jun., 1992.
 21. STRANDBERG, E., LUNDBERG, C. A note on the estimation of environmental effects on lactation curves. *Anim. Produc.*, Edinburgh, v. 53, n. 3, p. 399-402, Dez., 1991.
 22. WOOD, P.D.P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*, London, v. 216, n. 5111, p. 164, Oct., 1967.
 23. WOOD, P.D.P. Algebraic models of the lactation curves for milk, fat and protein production, with estimates of seasonal variation. *Anim. Prod.*, Edinburgh, v. 22, n. 1, p. 35-40, Feb., 1976.
 24. WOOD, P. D. P. Factors affecting persistency of lactation in cattle. *Nature*, London, v. 218, n. 5148, p. 894, Jun., 1968.
 25. WOOD, P. D. P. A note on seasonal fluctuations in milk production. *Anim. Produc.*, Edinburgh, v. 15, n. 1, p. 89-92, Aug., 1972.