CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PAULA REGINA BARROS DE LIMA

ESTUDO DA CURVA DE LACTAÇÃO DE CABRAS MESTIÇAS SAANEN X SRD (sem raça definida) NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

FORTALEZA
2003

PAULA REGINA BARROS DE LIMA

ESTUDO DA CURVA DE LACTAÇÃO DE CABRAS MESTIÇAS SAANEN X SRD (sem raça definida) NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Dissertação submetida à coordenação do Curso de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Zootecnia
Área de concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. Dr. Francisco da Assis Melo Lima

FORTALEZA
2003

PAULA REGINA BARROS DE LIMA

ESTUDO DA CURVA DE LACTAÇÃO DE CABRAS MESTIÇAS SAANEN X SRD (sem raça definida) NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Dissertação submetida à coordenação do Curso de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Zootecnia
Área de concentração: Produção Animal

Aprovada em 29/09/2003

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco de Assis Melo Lima (Orientador)
Universidade Federal do Ceará-UFC

_____

Prof. Dr[a]. Sonia Maria Pinheiro de Oliveira
Universidade Federal do Ceará-UFC

_____

Prof. Dr[a]. Maria Norma Ribeiro
Universidade Federal Rural de Pernambuco -UFRP

_____

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo que conquistei e por tudo que me foi ofertado durante todos os anos de minha vida

À minha mãe (e pai ao mesmo tempo) pele dignidade e perseverança com que conduziu a vida, cujas atitudes orientam meu caminho

Ao Prof. Dr. Francisco de Assis Melo Lima, pela orintação e pela ajuda na concretização deste trabalho.

A professora Dra. Sônia Maria Pinheiro de Oliveira pela valiosa colaboração durante todas as etapas do projetoe por manter-se sempre disponível para quaisquer esclarecimento.

A professora Dra. Maria Norma Ribeiro pelas preciosas sugestões

À CAPES e a Funcap, pela bolsa de estudos concedida

À Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de realização deste curso

Ao produtor rural Boris Marinho pela concessão dos dados e pelo exemplo de amor e dedicação à caprinocultura.

Às minhas amigas, pelos momentos de descontração e por me ajudarem a seguir em frente.

Aos meus colegas de turma, por tudo que me proporcionaram durante essa fese tão importante da minha vida

A todos que contribuiram para relização deste trabalho.

“Muito longe, no brilho do sol, estão minhas maiores aspirações. Posso não alcança-las, mas posso olhar para cima e ver sua beleza, acreditar nelas e tentar seguí-las”.

LOISA MAY ALCOTT

RESUMO

O conhecimento da curva de lactação possibilita uma maior predição da produção total a partir de registros parciais, auxilia o produtor nas decisões de manejo e ainda permite identificar antecipadamente as cabras potencialmente mais produtivas de um rebanho. Contudo, poucos trabalhos foram conduzidos sobre o comportamento da curva de lactação de caprinos no Brasil. Por esta razão, o objetivo deste estudo foi testar algumas funções matemáticas quanto à sua adequação para descrever as curvas de lactação médias de cabras primíparas e multíparas de um rebanho mestiço de Saanen x SRD proveniente de Lajes/RN. Após a eliminação de todas as lactações que apresentaram anormalidades ou com número insuficiente de controles, restaram 4963 controles leiteiros (realizados quinzenalmente), dos quais 990 são referentes a cabras primíparas e 3973 a multíparas. Para o ajuste da curva média de lactação das cabras primíparas e multíparas foram utilizadas 5 funções matemáticas: Função Quadrática (FQ), Função Quadrática Logarítmica (FQL), Função Gama Incompleta (FGI), Função Polinômio Segmentado Quadrático Linear (FPSQL) e Função Polinômio Segmentado Quadrático Quadrático (FPSQQ), as quais foram avaliadas com base nas seguintes estatísticas: coeficiente de determinação ajustado (Ra^2), gráfico de distribuição de resíduos e desvios entre a Produção Total de Leite Observada (PTLO) e Produção Total de Leite Estimada (PTLE). A produção total média de leite e a duração da lactação foram de 375,52 kg e 201,98 dias; 760,14 kg e 208,40 dias, para cabras primíparas e multíparas, respectivamente. O pico de lactação ocorreu no 2° estádio (15-30 d) para ambas, no entanto apenas a FQL descreveu bem a forma da curva de lactação média para as cabras multíparas deste rebanho. As demais funções estudadas devem ser utilizadas com restrições, pois falharam quanto à forma da curva de lactação média tanto para primíparas quanto para multíparas, embora tenham determinado boas estimativas para produções totais de leite com desvios variando de 0,30% a 6,23%, excetuando a FGI que apresentou desvio de 16,66% para cabras primíparas. Os gráficos de distribuição de resíduos demonstraram tendência de autocorrelação residual negativa para primíparas (exceto para a FGI, que foi totalmente disperso) e positiva para multíparas. Neste estudo, a curva média foi estimada através das funções em relação a todos os controles e, portanto, os coeficientes de determinação ajustados ao número de parâmetros obtidos foram baixos, por haver parte da variação que as funções não conseguem explicar, pois os fatores de ambiente que influenciam a forma da curva de lactação não foram incluídos.

Palavras-chave - Caprinos - Controle leiteiro - Primíparas - Multíparas - Pico de lactação

ABSTRACT

Understanding the lactation curve enables a better prediction of the total production from partial records, helps a producer in management decisions and further allows the early identification of potentially more productive goats in a herd. However, few studies have been carried out on the performance of the lactation curve of goats in Brazil. Thus the objective of this study was to test some mathematical functions regarding their fit to describe the mean lactation curves of primiparous and multiparous goats in a mixed Saanen x Crossbred herd in Lajes, RN. After eliminating all the lactations that presented abnormalities or with an insufficient number of controls, 4963 milk controls remained (recorded every two weeks), of which 990 referred to primiparous goats and 373 to multiparous goats. Five mathematical functions were used to fit the mean lactation curve of the primiparous and multiparous goats: Quadratic Function (FQ), Logarithmic Quadratic Function (FQL), Incomplete Gama Function (FPSQL) and Quandratic Quadratic Segmented Polynomial Function (FPSQQ), which were assessed based on the following statistics: fitted determination coefficient (Ra^2), residue distribution graph and deviations between the observed total milk production (PTLO) and estimated total milk production (PTLE). The total mean milk production and lactation duration were 375.52 kg and 201.98 days; 760.14 kg and 208.40 days, for primiparous and multiparous goats, respectively. The lactation peak occurred in the second stage (15-30 days) for both, while only FQL properly described the shape of the mean lactating curve for the multiparous goats in this herd. The other functions studied should be used with restrictions, because they failed regarding the shape of the mean lactating curve for the primiparous and multiparous goats, although they determined good estimates for total milk production with deviations ranging from 0.30% to 6.2 3%, except for FGI that presented 16.66% deviation for primiparous goats. The residue distribution graphs showed a tendency to negative residual self correlation for primiparous goats (except for FGI, that was totally dispersed) and positive for multiparous goats. In this study, the curve was estimated by the functions in relation to all the controls and, therefore, the determination coefficients fitted to the number of parameters obtained were low, because the functions could not explain part of the variation, because the environmental factors that influence the shape of the lactation curve were not included This study hás as objective to estimate the herdabiity and verify the adictive genetic trends for the direct and maternal efects for the traits on weaning (P205), yearling (P365) and pôs yearling (P550) weights of Tabapuã breed. Data were obtnaneid from the Brazilian Association of Zebu Breeders – ABCZ, related animals born from 1975 to 2001, raised in 27 farms in the State of Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte e Bahia. The fixed effects were analyzed by the "General Linear Model" (GLM) proceedure of the "Statistical Analysis Sistem" version 6.12, SAS (1999). The model included the effects of contemporary groups (sex, farm, year end season of birth) and age of dam at calving as covariable (linear and quadratic effects). These effects were significant to all traits (P<0,01). The estimates of (co)variance and herdability were obtained by the method of MTDFREML, using uni traits analysis and considering as random the direct, maternal and permanent environment effects, assuming the covariance between maternal and direct effect (($\sigma_{am} = 0$). The genetic trends were estimate by the PROC REG of the SAS (1996) proceedure, using the linear regression of the breeding values on year of birth of the animals. The estimates of direct herdability were 0,17± 0,04 for P205, 0,17± 0,05 for P365 e 0,14± 0,05 for P550. For the maternal effect were 0,17± 0,05; 0,19± 0,06 ; 0,18± 0,07, respectively. The genetic trends of the direct effects were significant (P<0,01), with estimated values of 0,10; 0,24 e 0,31 kg/ano, for P205, P365 e P550, respectively. The genetic trends of the maternal effects were not significant (P.>0,01).

LISTA DE QUADROS

1. Representação matemática de algumas funções utilizadas para ajustar curvas de lactação de bovinos leiteiros 19

3. Funções para Tempo de Pico (TP), Produção no Pico (PP) e Persistência da Lactação (S) para as funções Quadrática (FQ), Quadrática Logarítmica (FQL), Gama Incompleta (GI), Polinômio Segmentado Quadrático Linear (FPSQL) e Polinômio Quadrático Quadrático (FPSQQ) 25

4. Equações das curvas de lactação obtidas para a média dos estágios, Produção Inicial (PI), Produções no Pico (PP), Tempo de Pico (TP), Produção Total de Leite Estimada (PTLE) e desvios entre as produções totais médias observadas e estimadas por cinco funções matemáticas para cabras primíparas e multíparas 30

5. Parâmetros estimados para as curvas médias de cabras primíparas e multíparas através da Função Quadrática (FQ) 32

6. Parâmetros estimados para as curvas médias de cabras primíparas e multíparas através da Função Quadrática Logarítmica (FQL) 35

7. Parâmetros estimados para as curvas médias de cabras primíparas e multíparas através da Função Gama Incompleta (FGI) 37

8. Parâmetros estimados para as curvas médias de cabras primíparas e multíparas através da Função Polinômio Segmentado Quadrático Linear (FPSQL) 41

9. Parâmetros estimados para as curvas médias de cabras primíparas e multíparas através da Função Polinômio Segmentado Quadrático Quadrático (FPSQQ) 44

10. Testes estatísticos utilizados para medir a qualidade do ajuste de cada função estudada para cabras mestiças (Saanen x SRD) criadas no Rio Grande do Norte.....47

LISTA DE FIGURAS

1. Curvas de lactação médias observadas de cabras (mestiças de Saanen x SRD) primíparas e multíparas, criadas no Estado do Rio Grande do Norte.....28

2. Curvas de lactação médias observada e estimadas pelas funções: Quadrática (FQ), Quadrática Logarítmica (FQL), Gama Incompleta (GI), Polinômio Segmentado Quadrático Linear (FPSQL) e Polinômio Quadrático Quadrático (FPSQQ) cabras primíparas (mestiças de Saanen x SRD), criadas no Rio Grande do Norte.....31

3. Curvas de lactação médias observada e estimadas pelas funções: Quadrática (FQ), Quadrática Logarítmica (FQL), Gama Incompleta (GI), Polinômio Segmentado Quadrático Linear (FPSQL) e Polinômio Quadrático Quadrático (FPSQQ) de cabras multíparas (mestiças de Saanen x SRD), criadas no Rio Grande do Norte.....31

4. Curvas de lactação médias observada e estimada pela FQ para cabras prímiparas de um rebanho mestiço (Saanen x SRD) criado no Rio Grande do Norte.....32

5. Distribuição dos resíduos estimados pela FQ para cabras mestiças (Saanen x SRD) primíparas, criadas no Rio Grande do Norte.....33

6. Curvas de lactação médias observadas e estimadas pela FQ para cabras multíparas de um rebanho mestiço (Saanen x SRD) criadas no Rio Grande do Norte.....33

7. Distribuição dos resíduos estimados pela FQ para cabras mestiças (Saanen x SRD) multíparas, criadas no Rio Grande do Norte.....33

8. Tendência de autocorrelação residual, proporcionada pelo ajuste médio da FQ, para cabras primíparas (mestiças de Saanen x SRD), criadas no Rio Grande do Norte.....34

9. Tendência de autocorrelação residual, proporcionada pelo ajuste médio da FQ, para cabras multimíparas (mestiças de Saanen x SRD), criadas no Rio Grande do Norte.....34

10. Curvas de lactação médias observada e estimada pela FQL para cabras prímiparas de um rebanho mestiço (Saanen x SRD) criado no Rio Grande do Norte.....35

11. Distribuição dos resíduos estimados pela FQL para cabras mestiças (Saanen x SRD) primíparas, criadas no Rio Grande do Norte.....36

12. Curvas de lactação médias observada e estimada pela FQL para cabras multíparas de um rebanho mestiço (Saanen x SRD) criado no Rio Grande do Norte.....36

13. Distribuição dos resíduos estimados pela FQL para cabras mestiças (Saanen x SRD) multíparas, criadas no Rio Grande do Norte.....36

14. Tendência de autocorrelação residual, proporcionada pelo ajuste médio da FQ, para cabras primíparas (mestiças de Saanen x SRD), criadas no Rio Grande do Norte.....37

15. Tendência de autocorrelação residual, proporcionada pelo ajuste médio da FQL, para cabras multíparas (mestiças de Saanen x SRD), criadas no Rio Grande do Norte.....37

16. Curvas de lactação médias observada e estimada pela FGI para cabras prímiparas de um rebanho mestiço (Saanen x SRD) criado no Rio Grande do Norte.....38

17. Distribuição dos resíduos estimados pela FGI para cabras mestiças (Saanen x SRD) primíparas, criadas no Rio Grande do Norte.....38

18. Curvas de lactação médias observada e estimada pela FGI para cabras multíparas de um rebanho mestiço (Saanen x SRD) criado no Rio Grande do Norte.....39

19. Distribuição dos resíduos estimados pela FGI para cabras mestiças (Saanen x SRD) multíparas, criadas no Rio Grande do Norte.....40

20. Tendência de autocorrelação residual, proporcionada pelo ajuste médio da FGI, para cabras primíparas (mestiças de Saanen x SRD), criadas no Rio Grande do Norte.....40

21. Tendência de autocorrelação residual, proporcionada pelo ajuste médio da FGI, para cabras multíparas (mestiças de Saanen x SRD), criadas no Rio Grande do Norte.....40

22. Curvas de lactação médias observada e estimada pela FPSQL para cabras primíparas de um rebanho mestiço (Saanen x SRD) criado no Rio Grande do Norte.....42

23. Distribuição dos resíduos estimados pela FPSQL para cabras mestiças (Saanen x SRD) primíparas, criadas no Rio Grande do Norte.....42

24. Curvas de lactação médias observada e estimada pela FPSQL para cabras multíparas de um rebanho mestiço (Saanen x SRD) criado no Rio Grande do Norte.....42

25. Distribuição dos resíduos estimados pela FPSQL para cabras mestiças (Saanen x SRD) multíparas, criadas no Rio Grande do Norte.....43

26. Tendência de autocorrelação residual, proporcionada pelo ajuste médio da FPSQL, para cabras primíparas (mestiças de Saanen x SRD), criadas no Rio Grande do Norte.....43

27. Tendência de autocorrelação residual, proporcionada pelo ajuste médio da FPSQL, para cabras multíparas (mestiças de Saanen x SRD), criadas no Rio Grande do Norte.....43

28. Curvas de lactação médias observada e estimada pela FPSQL para cabras primíparas de um rebanho mestiço (Saanen x SRD) criado no Rio Grande do Norte.....44

29. Distribuição dos resíduos estimados pela FPSQL para cabras mestiças (Saanen x SRD) primíparas, criadas no Rio Grande do Norte.....45

30. Curvas de lactação médias observada e estimada pela FPSQQ para cabras multíparas de um rebanho mestiço (Saanen x SRD) criado no Rio Grande do Norte.....45

31. Distribuição dos resíduos estimados pela FPSQQ para cabras mestiças (Saanen x SRD) muitíparas , criadas no Rio Grande do Norte.....45

32. Tendência de autocorrelação residual, proporcionada pelo ajuste médio da FPSQL, para cabras primíparas (mestiças de Saanen x SRD), criadas no Rio Grande do Norte.....46

33. Tendência de autocorrelação residual, proporcionada pelo ajuste médio da FPSQQ, para cabras multíparas (mestiças de Saanen x SRD), criadas no Rio Grande do Norte.....46

LISTA DE TABELAS

1. Produção de leite (PL), Duração da Lactação (DL) e Produção Média Diária de Leite (PMD) em cabras, segundo vários autores.....15

2. Distribuição da produção média de leite diária (kg) de cabras mestiças de Saanen x SRD por estádio da lactação 23

SUMÁRIO

RESUMO V
ABSTRACT VI
LISTA DE QUADROS VII
LISTA DE FIGURAS VIII
LISTA DE TABELAS XI
1. **INTRODUÇÃO** 13
2. **REVISÃO DE LITERATURA** 14
2.1. **Produção de leite e duração da lactação** 14
2.2 **Curva da lactação** 16
2.3 **Formato da curva de lactação** 17
2.3.1. Pico de lactação 17
2.3.2 Persistência da lactação 18
2.4 **Funções matemáticas usadas para estudar curvas de lactação** 18
3. **MATERIAL E MÉTODOS** 22
3.1. **Descrição da propriedade** 22
3.2. **Manejo do rebanho** 22
3.3. **Descrição dos dados** 22
3.4. **Funções matemáticas utilizadas para o ajuste das curvas de lactação média** 23
3.4.1. *Funções lineares* 24
3.4.2. *Função intrinsecamente linear* 24
3.5. **Estimativas das variáveis: Tempo de Pico (TP), Produção no pico (PP) e Persistência da Lactação (S)** 24
3.6. **Cálculo das produções totais de leite observadas e estimadas** 25
3.7. **Estimação dos parâmetros** 25
3.8. **Métodos estatísticos para avaliação da melhor função matemática** 26
3.8.1. *Coeficiente de determinação ajustado (R^2a)* 26
3.8.2. *Gráfico de distribuição de resíduos* 26
3.8.3. *Desvios entre as produções totais de leite observadas (PTLO) e estimadas (PTLE)* 27
4. **RESULTADOS E DISCUSSÃO** 28
4.1. **Curvas médias observadas** 28
4.2. **Ajuste para a média das lactações** 29
4.2.1. *Função quadrática* 32
4.2.2. *Função quadrática logarítmica* 34
4.2.3. *Função gama incompleta* 37
4.2.4. *Função Polinômio Segmentado Quadrático Linear* 41
4.2.5. Função Polinômio Segmentado Quadrático Quadrático 44
4.3. **Comparação entre os modelos** 46
5. **CONCLUSÕES** 49
6. **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS** 50

1.INTRODUÇÃO

A produção mundial de leite de cabra é de 11.845.744 toneladas/ano, sendo que 138.000 mil são produzidas no Brasil, colocando o país como o 17° produtor mundial (FAOSTAT, 2002)

No Nordeste a produção representa 45,4 % da produção nacional, tendo como líder o Estado do Rio Grande do Norte. Este aumento significativo na produção de leite caprino deve-se, em grande parte, pelo incentivo proporcionado por uma política governamental, na qual o Governo compra toda a produção e repassa para programas da merenda escolar, além de oferecer outros benefícios aos pequenos produtores (COSTA, 2003).

Diversas estratégias são conduzidas para aumentar a produtividade do rebanho caprino do Nordeste, no entanto, faltam informações oriundas de pesquisas realizadas em condições tipicamente nordestinas. Entre as stratégias, a importação de raças leiteiras exóticas produtores para incrementar a produção, e apesar de ser uma alternativa viável, requer estudos mais aprofundados em relação ao desempenho produtivo de cabras mestiças. O conhecimento da curva de lactação contribui nesse processo, pois possibilita uma melhor predição da produção total a partir de registros parciais, além de auxiliar o produtor nas decisões de manejo, principalmente em relação ao manejo nutricional. Permite ainda identificar antecipadamente as cabras potencialmente mais produtivas de um rebanho. Contudo, poucos trabalhos foram conduzidos sobre o comportamento da curva de lactação de caprinos no Brasil.

Por esta razão, o objetivo deste estudo foi testar algumas funções matemáticas quanto a sua adequação para descrever as curvas de lactação médias de cabras primíparas e multíparas de um rebanho mestiço de Saanen x SRD criado no Estado do Rio Grande do Norte.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Produção de leite e duração da lactação

Existe grande diversidade na produção de leite de raças caprinas. As raças européias, de maneira geral são especializadas para produção de leite, expressando todo seu potencial quando exploradas em regiões de clima temperado. Por outro lado, quando em regiões tropicais, apresentam desempenho inferior, porém ainda assim superior ao das raças nativas de regiões tropicais, e algumas vezes superior aos dos mestiços (MONTALDO et al., 1981).

A produção de leite dos caprinos do Nordeste do Brasil é similar à obtida por cabras nativas criadas em outras regiões tropicais e subtropicais. Segundo FIGUEIREDO (1987), a produção média de leite por lactação apresentada pelos caprinos nativos no Nordeste é de apenas 85 kg, em um período de lactação de 180 dias, o que resulta em produção média diária inferior a 0,50 kg.BARBIERI et al. (1989), avaliando a produção de leite de cabras mestiças Pardo Alemã X SRD, mantidas em regime de semiconfinamento, verificaram que não houve diferenças entre os mestiços ½ e ¾ , cujas produções médias foram em torno de 0,90 kg/dia. RIBEIRO et al. (1989), estudando a produção de leite de 50 cabras mestiças de Pardo-Alpina X Gurguéia, relataram que a média da produção total foi de 371,23 kg de leite.

PIMENTA FILHO et al. (1994), reuniram dados obtidos por diversos autores durante os anos de 1982 a 1994, sobre produção de leite, duração da lactação e produção média diária de leite de cabras, que podem ser visualizados na Tabela 1.

A produção de leite é afetada por vários fatores, tais como época e ano de parição, ordem de parto, duração de lactação, número de ordenhas, alimentação, manejo, clima, etc (LIMA, 1994). Estudando 500 lactações de 110 cabras Alpinas Francesas, MOURAD (1992), observou efeito significativo de ordem de parto na produção de leite, que aumentou até a terceira parição e permaneceu constante até a quinta.

Tabela 1. Produção de leite (PL), duração da lactação (DL) e produção média diária de leite (PMD) em cabras segundo vários autores.

Raça/Grupo genético	PL (kg)	DL (dias)	PMD (kg/dia)	Fonte
Pardo-Alpina			2,18	Rodrigues et al. (1982)
Anglo-Nubiana			1,46	Rodrigues et al. (1982)
Sem Raça Definida (SRD)			0,76	Rodrigues et al. (1982)
Canindé			0,53	Sousa et al. (1984)
Parda-Sertaneja	371	186	1,99	Ribeiro et al. (1989)
½ PA + ½ SRD	158	170	0,93	Barbieri et al. (1989)
¾ PA + ¼ SRD	157	172	0,91	Barbieri et al. (1989)
½ PA + ½ Moxotó	130	190	0,68	Barbieri et al. (1989)
Saanen	269	116	2,32	Barbieri et al. (1990)
Pardo-Alpina (PA)	251	156	1,61	Barbieri et al. (1990)
Anglo-Nubiana (AN)	152	264	0,57	Barbieri et al. (1990)
Marota	66	169	0,39	Câncio et al. (1992)
½ Saanen + ½ Marota	201	168	1,20	Câncio et al. (1992)
Mestiças	253	177	1,43	Ribeiro et al. (1993)
½ PA + ½ Moxotó	154	158	0,97	Lima et al. (1994)

Fonte: Pimenta Filho et al. (1994)

SILVA et al. (1996), analisando a produção total de leite (PTL) e período de lactação (PL) de 636 lactações em cabras mestiças (Parda Alpina x Mochotó x Anglonubiana) no período de 1990 a 1995, encontraram médias de 127,2 kg e 181,2 dias, respectivamente para PTL e PL. O ano do parto influenciou ($P \leq 0,01$) a PTL e PL. Houve efeito significativo da estação de parição somente sobre o PL. A ordem de parto foi significativa ($P \leq 0,05$) sobre PTL e PL e o tipo de parto influenciou apenas o período de gestação, o que difere de DURAN (1996), que observou que o número de crias está relacionado com a quantidade de leite produzido, pois à medida que aumenta o número de crias, aumenta também a produção de leite. Provavelmente, isto ocorre em virtude do incremento dos níveis hormonais, principalmente da progesterona, que provoca o crescimento do tecido mamário. O tipo de parto também teve efeito significativo na variação da produção de leite, onde partos múltiplos promoveram maior estímulo para a secreção láctea (PIMENTA FILHO et al. 1994).

Segundo ANDRADE (1999), a ordem de lactação teve efeito significativo ($P < 0,01$) sobre a produção total de leite, sendo que as primíparas apresentaram média inferior àquelas

de demais ordens de lactação. Isto pode ser justificado em virtude das cabras de primeira lactação ainda não terem atingido a maturidade e apresentarem maiores requerimentos de mantença do que as cabras multíparas.

2.2. Curva de lactação

A curva de lactação é a representação gráfica da produção de leite em função do tempo e pode ser usada para estimar a produção de leite parcial ou total de uma cabra. Sua principal utilidade é possibilitar a estimação de produções totais de lactações ainda não completas, permitindo assim, detectar quando um rebanho ou animal desvia-se de seu desempenho esperado e facilitar por isso, as decisões de descarte, manejo, alimentação e seleção (GROSSMAN & KOOPS, 1988). Pode-se antecipar a seleção de machos com base no teste de progênie e a seleção de fêmeas através da identificação precoce das cabras potencialmente mais produtivas dentro do rebanho, avaliados mediante a predição da produção total de leite a partir de registros parciais e/ou incompletos. Assim, as curvas de lactação ajustadas propiciam o aumento do número de filhas para avaliação de reprodutores. Também, as curvas de lactação podem ser utilizadas para desenvolver métodos de comparação não-viciados entre animais com registros de lactações incompletas com propósito de avaliação genética através do dia do controle (SWALVE, 1995). Apesar do exposto, os estudos referentes ao melhoramento genético de caprinos leiteiros ainda são escassos. Isto se deve, principalmente, à dificuldade de informações em virtude do pequeno número de animais em controle leiteiro.

Cada rebanho apresenta uma curva distinta. Por esta razão, o conhecimento da curva padrão de um rebanho é necessário para que o criador possa acompanhar as oscilações que ocorrem na produção de leite ao longo da lactação e usar medidas para corrigí-la. Não é fácil definir a curva ideal para um determinado rebanho, já que diferentes curvas podem estimar produções totais equivalentes. Entretanto, lactações mais persistentes sugerem maiores produções totais e, portanto, devem ser preferidas. Segundo FERRIS et al. (1985), as que produzem moderadamente por todo o período da lactação, apresentam maiores persistências e sofrem menos estresse que aquelas que têm um grande diferencial entre a produção no pico e no fim da lactação

2.3. Forma da curva de lactação

Muitos autores sugerem que a maior duração da fase inicial ou ascendente da lactação determinará curvas com formas desejáveis e lactações mais persistentes, ou seja, com menor taxa de declínio. Desta maneira, tem-se observado que essa duração apresenta variações de animal para animal e de raça para raça

De modo geral, os caprinos de regiões temperadas e de alta produção apresentam curva de lactação típica, cujo pico ocorre entre 2 e 8 semanas após o parto (GALL, 1981), enquanto que os caprinos criados em regiões tropicais tendem a apresentar curva de lactação linear (não típica), com pico muito suave ou inexistente. Isto ocorre devido ao fato destes animais apresentarem, freqüentemente, baixa produção e lactações menos persistentes, bem com, atingirem pico de produção mais cedo nos trópicos (RUVUNA et al. 1995). DUDOUET (1982), trabalhando com cabras na França, observou que a produção de leite dos animais apresentava uma fase ascendente de 2 a 3 semanas após o parto, uma fase de estabilização de 3 a 4 semanas, e uma fase de declínio a partir da 8ª semana de lactação, o que caracteriza uma curva de lactação típica.

2.3.1. Pico de lactação

O pico de lactação é definido como a produção máxima de leite alcançada num dia da lactação (WOOD, 1967), e é um dos principais fatores que determinam a produção de leite, o período e a forma da curva de lactação. Ele pode ser facilmente visualizado num gráfico representando uma lactação, pois o pico será o ponto de inflexão de uma curva com forma desejável. A partir do pico, a produção de leite tende a cair numa taxa mais ou menos constante até o fim da lactação, que coincide com o período em que a fêmea prepara-se para uma nova gestação. BIANCHINI SOBRINHO (1984) sugeriu que o pico de lactação é o valor da função correspondente ao ponto máximo da curva e pode ser calculado para a maioria dos modelos.

Alguns autores relatam que determinadas lactações não apresentam pico. Isso pode ocorrer devido ao fato do sistema de pesagem adotado não proporcionar controles antes da ocorrência do pico. COBY & LeDU (1978) mencionaram dificuldades nos ajustes de curva de lactação de bovinos para detectar o pico de produção por ocorrer em poucas semanas após o parto e, às vezes por falta de informação neste período, o que dificulta a estimação dos parâmetros associados a ele. Segundo GIRON PINEDA (1987), o pico é mais facilmente identificado em sistema de pesagem semanal do que em sistema de intervalos maiores;

entretanto, em sistema de pesagem diária seria difícil identificar o pico, devido à grande variação da produção de leite. BIANCHINI SOBRINHO (1988) ressaltou que embora o controle semanal apresente resultados satisfatórios para a estimativa da produção total de leite, a tendência observada em todo o mundo é a de diminuir a freqüência dos controles leiteiros, minimizando, desta forma, os custos.

2.3.2 Percistência da lactação

A persistência pode ser definida como o período em que o animal permanesse produsindo em alto nível. ASKER et all. (1959) a definiram como a habilidade do animal em manter um alto fluxo diário de leite por todo o período de lactação.

A persistência é uma das principais características que definem a forma de uma curva de lactação e, segundo observado na literatura, tem uma importante correlação com a produção inicial, o período ascendente da produção ou tempo de pico e, principalmente, com a produção no pico. Há na literatura várias citações de madidas de persistência e mesmo assim, pode-se considerala como uma característica de difícil estimação e interpretação. Segundo SOLKNER & FUCHS (1987), encontra-se na literatura dois tipos de medidas de persistência: uma usa razões entre produções de diferentes segmentos da lactação e outra, funções matemáticas complexas. Há ainda um terceiro tipo de medida, que avalia a persistência como uma porcentagem de declínio da produção de leite, semanal ou mensal, que é considerado constante por alguns autores.

2.4. **Funções matemáticas usadas para estudar curvas de lactação**

Na literatura constam diversas funções matemáticas que podem ser utilizadas para representar curvas de lactação, podendo ser classificadas como lineares, intrinsecamente lineares e não-lineares. Uma função linear é aquela cuja variável dependente é uma combinação linear dos seus parâmetros. É intrinsecamente linear quando pode ser linearizada através de transformação logarítmica. As funções não-lineares são as que não podem sofrer transformações de modo a produzir uma função linear dos parâmetros e isso implica em maiores dificuldades nos ajustes (AFIFI & CLARK, 1984).

Os primeiros trabalhos usando funções matemáticas foram propostos para descrever curvas de lactação em bovinos por BRODY et al. (1923). Estes autores utilizaram um modelo algébrico simples, cuja equação $\mathbf{Y_t = a_0 e^{-Kt}}$, em que $\mathbf{Y_t}$ é a produção de leite no tempo **t**; **e** é a base de logarítmos neperianos; $\mathbf{a_0}$ e **K** são constantes, sendo $\mathbf{a_0}$ a produção de leite inicial, quando (t=0) e **K** a taxa de declínio por mês. Segundo WOOD (1967); COBBY & LeDU

(1978), essa função é aplicada somente à fase de declínio da curva de lactação e não é capaz de descrever uma lactação inteira ou estimar o pico, muito embora produza estimativas de medidas de persistência satisfatórias.

GIPSON & GROSSMAN (1989) relataram que os estudos da curva de lactação de caprinos se iniciaram em 1939, porém, funções matemáticas para descrever curvas de lactação de cabras só foram utilizadas a partir de 1983 por MUKUNDAN & BHAT (1983).

No Quadro 1 estão relacionadas algumas funções matemáticas propostas por diversos autores com a finalidade de ajustar curvas de lactação de bovinos leiteiros.

Quadro 1. Representação matemática de algumas funções utilizadas para ajustar curvas de lactação de bovinos leiteiros.

Função	Representação	Tipo	Autor
Exponencial	$Y_x = a_0 e^{(-a_1 x)}$	Intrinsecamente linear	Brody (1923)
Sem nome	$Y_x = a_0 e^{(-a_1 x)} - a_0 e^{(-a_2 x)}$	Não linear	Brody et al. (1923)
Polinomial inversa	$Y_x = x(a_0 + a_1 x + a_2 x^2)^{-1}$	Intrinsecamente linear	Nelder (1996)
Gama incompleta	$Y_x = a_0 x^{a_1} e^{-a_2 x}$	Intrinsecamente linear	Wood (1967)
Sem nome	$Y_x = a_{0-px} - a_0^{-qx}$	Não linear	Cobby & e Le Du (1978)
Linear hiperbólica	$Yx = a_0 + a_1 x + a_2 x^{-1}$	Linear	Bianchini Sobrinho (1984)
Quadrática	$Yx = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$	Linear	-
Quadrática logarítmica	$Yx = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 \ln(x)$	Linear	Bianchini Sobrinho (1984)
Multifásica	$Yx = \sum_{i=1}^{n} a_i b_i \left[1 - \tanh^2(b_i(x - c_i))\right]$	Linear	Koops (1986)

FONTE: Adaptado de EL FARO, 1996.

Observação: Y_x é a produção de leite na $x^{ésima}$ semana de lactação; a_o, a_1, a_2, a_3, a_i, b_i, c_i, p, q, são os parâmetros relacionados a cada função; n é o número de fases da função multifásica.

A função Quadrática é de ajuste simples e apresenta ponto de máximo quando o coeficiente quadrático é menor que zero. Este ponto pode ser determinado pela derivada primeira em relação a x, igualada a zero. Se a derivada segunda for positiva o ponto será de mínimo; caso contrário, o ponto será de máximo, e neste caso, a curva é típica. Para esta função, a produção no pico é obtida substituindo-se o valor do tempo de pico na expressão principal. Esta é uma função de fácil utilização e seus parâmetros têm significado biológico.

BIANCHINI SOBRINHO (1984) propôs três modelos lineares numa tentativa de melhor descrever a curva de lactação de vacas da raça Gir. O primeiro foi o linear em três etapas, que consistia de 3 retas traçadas, sendo a primeira do início da lactação até os 65 dias, a segunda dos 75 aos 195 e a terceira, dos 225 até o final da lactação. Embora apresentasse bons ajustes, quando havia uma grande variação nos controles tornava-se difícil traçar uma reta. Outra função proposta foi a Linear Hiperbólica: $Yx = a_0 + a_1x + a_2x^{-1}$, cujos parâmetros a_1 e a_2 devem ser negativos, pois quando positivos, o ponto crítico é um mínimo e a curva não representa uma lactação. Se a_1 e a_2 têm sinais opostos, a curva não apresenta um ponto crítico e dessa forma aumentaria sempre que $a_2<0$ ou diminuiria sempre que $a_2>0$. Outro problema relacionado a essa função está relacionado às proximidades da origem, pois ela torna-se assintótica ao eixo Y quando X tende a zero.

A função Quadrática Logarítmica proposta por BIANCHINI SOBRINHO (1984) tem apresentado bons resultados no ajuste de curvas de lactação. Esse modelo é representado por $Yx = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3\ln(x)$, sendo Y_x a produção de leite na semana x; e a_0, a_1,a_2 e a_3, os parâmetros que caracterizam a função. O ponto de máximo é obtido quando $x = -a_1 \pm \sqrt{(a_1^2 - 8a_2a_3)}/4a_2$, mas não há uma fórmula simples que represente a produção no pico. Se $a_1^2 - 8a_2a_3 = 0$, o ponto crítico coincide com o de inflexão e não há ponto de máximo ou de mínimo, fazendo com que a curva só cresça ou diminua. Ao contrário da Linear Hiperbólica, essa função é muito flexível e, dessa forma, pode produzir uma grande variedade de formas de curvas, embora produza boas estimativas de produções totais.

Usando a função Gama Incompleta para descrever a curva de lactação de 36 animais, COBBY e LeDU (1978) mostraram que as estimativas dos parâmetros obtidas por procedimentos não lineares são ligeiramente superiores àquelas obtidas através de regressões lineares após transformação logarítmica. Desta forma, o ajuste de funções intrinsecamente lineares, como a função Gama Incompleta, pode ser sensivelmente melhorado pelo uso de técnica de estimação não linear. A função Gama Incompleta proposta por WOOD (1967) é uma função intrinsecamente linear, cuja expressão matemática é $Y_x = a_0x^{a_1}e^{-a_2x}$, onde Y_x é a produção de leite na x-ésima semana da lactação; e a_0, a_1 e a_2 são parâmetros a serem estimados. Esta função tem sido bastante usada para o estudo de curva de lactação e foi considerada a primeira tentativa de se descrever uma lactação completa. WOOD (1980) apresentou o parâmetro a_0 como sendo a escala de produção do animal para $x^{a_1}\exp^{-a_2x} = 1$; o parâmetro a_1 representando a taxa de aumento até o pico de produção; e a_2 a taxa de declínio após o pico. Para uma curva de lactação típica o parâmetro a_1 deve ser positivo e menor que 1. Para $a_1 > 1$, a produção de leite será sempre crescente, e se as estimativas de a_1 e a_2 forem

negativas, a lactação apresentará pico antes do parto. Neste caso, a curva apresenta apenas a fase de declínio da produção de leite, definindo curvas atípicas.

De acordo com COBBY e LeDU (1978), a função Gama Incompleta apresenta problemas de ajuste, principalmente superestimação da produção no início e final da lactação e subestimação no meio desta. Outra dificuldade é a difícil interpretação dos parâmetros e a alta correlação entre eles, prejudicando a interpretação de cada um, isoladamente. Segundo GIPSON & GROSSMAN (1987), os problemas decorrentes do uso da função Gama Incompleta são bem maiores quando se trabalha com dados oriundos de controles mensais, devido ao menor número de pontos disponíveis para o ajuste.

GIRON PINEDA (1987), utilizando a função Polinomial Inversa linearizada em uma análise de regressão múltipla, observou que este procedimento pode gerar assíntotas verticais, causando aumento ou diminuição na estimativa da produção de leite, de forma infinita. Quando o número de pontos disponíveis para o ajuste é pequeno, como é o caso dos controles mensais, o problema torna-se ainda maior.

Polinômios ordinários do tipo Linear e Quadrático também têm sido utilizados para o ajuste de curvas de lactação de bovinos (BIANCHINI SOBRINHO, 1984). Esses tipos de polinômios podem promover alguns entraves estatísticos, tais como: multicolinearidade, desuniformidade e dependência do comportamento da função à área onde se concentra o maior número de pontos. Para solucionar este tipo de problema, surgiu o uso dos Polinômios Segmentados, onde os segmentos que o compõem são definidos por processo visual, com um diagrama de pontos, de forma a detectar-se os pontos de mudança de comportamento da curva, denominados de "nós" (SHENKEL, 1989). Entretanto, apesar de solucionar problemas de multicolinearidade, a estimação dos nós (pontos de junção) é difícil, principalmente quando se trabalha com Polinômios Segmentados de grau elevado, pois provoca uma maior dificuldade na interpretação biológica dos parâmetros.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da propriedade

As informações utilizadas neste estudo são oriundas de um rebanho caprino constituído de mestiços de Saanen X SRD, pertencente à Fazenda Ameixa, localizada no município de Lages, situado a 5°42'00 de latitude Sul e 36°14'41'' de longitude Oeste, com altitude média de 199 m, no Estado do Rio Grande do Norte.

O clima da região é sub-desértico quente, cuja temperatura varia entre 20° e 30°C, com precipitação de 400 mm anuais. Apresenta estação seca bastante prolongada, normalmente nos meses de junho a fevereiro. O solo é do tipo silco argiloso/cristalino.

3.2. Manejo do rebanho

As cabras eram mantidas em regime de semi-confinamento, onde tinham acesso à Caatinga e recebiam concentrado com 22% de proteína e 70% de energia, fornecido diariamente na proporção de 2:1, isto é, a cada 2 litros de leite produzido era fornecido 1 kg de concentrado. Durante o período seco era fornecido feno de Tifton *(Cynodon spp)* à vontade. A suplementação mineral era fornecida nos cochos à vontade, durante todo o ano.

Nos últimos 45 dias que antecediam o parto até o desmame, as cabras eram mantidas confinadas, recebendo concentrado na mesma proporção citada acima, bem como feno e suplementação mineral à vontade.

O desmame era realizado no 3º dia após o nascimento. O controle leiteiro era quinzenal com duas ordenhas diárias (mecanicamente) às 6:00 e às 15:00 h.

O manejo sanitário consistia de vacinações periódicas, quarentena, higiene das instalações, controle de ecto e endoparasitas e tratamento ou descarte de animais enfermos.

3.3 Descrição dos dados

Os dados oriundos do controle leiteiro eram armazenados em um arquivo contendo o número da cabra, a data do parto, a ordem de lactação, a produção diária total (manhã e tarde) e a data de realização do controle leiteiro no período de 1998 a 2000.

Após a eliminação de todas as lactações que apresentaram anormalidades ou com número insuficiente de controles, restaram 4963 controles leiteiros, destes, 990 eram referentes à cabras de primeira lactação (primíparas). Os dados foram agrupados em estádios, de acordo com os intervalos entre os controles, conforme a Tabela .2.

Tabela 2. Distribuição da produção média de leite diária (kg) de cabras mestiças de Saanen x SRD por estádio da lactação

	Primíparas			Multíparas	
Estágio da lactação	Dias daelactação	Nª de observações	Produção média diária (kg)	Nª de observações	Produção média diária (kg)
1	I -15	34	2,37	254	2,826
2	16-30	43	2,451	275	3,066
3	31-45	46	2,084	252	3,066
4	46-60	71	2,187	273	2,892
5	61-75	52	1,773	274	2,71
6	76-90	104	1,958	274	2,609
7	91-105	89	1,717	236	2,481
8	106-120	100	1,686	227	2,388
9	121-135	72	1,544	226	2,585
10	136-150	84	1,619	265	2,529
11	151-165	37	1,81	232	2,521
12	166-180	54	1,448	226	2,511
13	181-195	36	1,909	211	2,524
14	196-210	52	1,709	214	2,404
15	211-225	26	1,819	163	2,364
16	226-240	38	1,968	152	2,347
17	241-255	23	1,952	81	2,041
18	256-270	29	1,844	138	2,434
Média geral			**1,880**		**2,572**

3.4. Funções matemáticas utilizadas para o ajuste das curvas de lactação média

Foram utilizadas 4 funções lineares e 1 intrinsecamente-linear para ajustar a curva média de lactações de cabras primíparas e de multíparas, cujo ajuste foi calculado através da média diária de produção de leite em cada estádio da lactação.

3.4.1. Funções lineares:

1) Função Quadrática (FQ)

$$Y_x = a_o + a_1X + a_2X^2$$

2) Função Quadrática Logarítmica (FQL)

$$Y_x = a_o + a_1\backslash X + a_2X^2 + a_3In(X)$$

3) Função Polinômio Segmentado Quadrático Linear (FPSQL)

$$Y_x = a_o + a_1X + a_2X^2 - a_2Z$$

Onde: Z=0, se X ≤ K $\qquad Z= (X-K)^2, \text{ se } X > K$

4) Função Polinômio Segmentado Quadrático-Quadrático (FPSQQ)

$$Y_x = a_o + a_1X + a_2X^2 + (b_2 - a_2)Z$$

Onde: Z=0, se X ≤ K

$$Z= (X-K)^2, \text{ se } X > K$$

3.4.2. Função intrinsicamente linear

1) Função Gama Incompleta (FGI)

$$Y_x = a_0 X^{a}{}_1 e^{-a}{}_2{}^X$$

Para todas as funções citadas:

$\mathbf{Y_x}$ = produção de leite (kg) ao tempo x (dia);

$\mathbf{a_0, a_1, a_2, b_2}$ = parâmetros estimados para cada função;

K= nó ou ponto de junção dos segmentos do polinômio segmentado.

3.5. Estimativas das variáveis: Tempo de Pico (TP), produção no Pico (PP) e Persistência da lactação (S).

As produções inicial e no pico, tempo de pico e persistência da lactação foram calculadas pelas expressões contidas no Quadro 2.

Quadro 2. Funções para: Tempo de Pico (TP), Produção no Pico (PP) e Persistência da lactação (S) para as Funções Quadrática (FQ), Quadrática Logarítmica (FQL), Gama Incompleta (GI), Polinômio Segmentado Quadrático Linear (PSQL) e Polinômio Segmentado Quadrático Quadrático (FPSQQ).

Função	TP	PP	Persistência
FQ	$-a_1/2a_2$	$a_0 + a_1 (TP) + a_2 (TP)^2$	-
FQL	$\frac{-a_1 \pm \sqrt{a_1^2 - 8a_2 a_3}}{4 a_2}$	$a_0 + a_1 (TP) + a_2 (TP)^2 + a_3 \ln (TP)$	-
FGI	a_1 / a_2	$a_0 (a_1/a_2)^{a1} e^{-a1}$	$-(a_1 + 1) \ln a_2$
FPSQL	$-a_1/2a_2$	$a_0 + a_1 (TP) + a_2 (TP)^2$	-
FPSQQ	$-a_1/2a_2$	$a_0 + a_1 (TP) + a_2 (TP)^2$	-

3.6. **Cálculo das produções totais de leite observadas e estimadas**

A produção total observada foi obtida pelo cálculo abaixo:

$PTL = (\sum Q/n)N$

Onde:

PTL= Produção total de leite;

$\sum Q$ = somatório dos registros de leite obtidos em cada quinzena;

n= número de registros efetuados;

N= número de dias de lactação.

As Produções Totais de Leite Estimadas (PTLE) foram obtidas pela integral das produções estimadas em cada dia de lactação:

$PTLE = \int_1^{dl} f(\beta, x)$

Onde:

dl= dias de lactação;

$f(\beta, x)$= refere-se a cada uma das funções ajustadas.

3.7**. Estimação dos parâmetros**

Os parâmetros para as funções lineares foram estimados através do PROC REG (SAS, 1999) e os das funções não-lineares pelo método modificado de Gauss-Newton, disponível no PROC NLIN (SAS, 1999).

3.8. **Métodos estatísticos para avaliação da melhor função matemática**

As diferentes funções matemáticas utilizadas no ajuste da curva de lactação foram avaliadas com base nas seguintes estatísticas: coeficiente de determinação ajustado, gráfico de distribuição de resíduos e desvios entre as produções de leite totais observadas e estimadas.

3.8.1. *Coeficiente de determinação ajustado (R_a^2):*

É conveniente utilizar o coeficiente de determinação ajustado quando é necessária a comparação de funções matemáticas que apresentam diferentes números de parâmetros, para que as mesmas sejam comparadas em iguais condições.

$$R^2_a = \frac{(n-1)R^2 - p}{n - p - 1}$$ DRAPER & SMITH (1981)

onde:

p= número de parâmetros da função;

n = número de observações;

R^2 = coeficiente de determinação;

R_a^2= coeficiente de determinação ajustado.

R_a^2 = Soma de Quadrados da regressão corrigida
Soma de Quadrados total corrigido

O R^2 não indica o quanto um modelo é bom em termos absolutos, mas o quanto esse melhora o ajuste em relação ao modelo reduzido, sendo, portanto, uma medida relativa (ANDERSON-SPRECHER, 1994).

3.8.2. Gráficos de distribuição de resíduos

Os gráficos de distribuição de resíduos em função do tempo de lactação auxiliam na avaliação da qualidade do ajuste, devendo mostrar-se dispersos (sem tendências) para serem indicativos de bom ajuste.

Outro gráfico que auxilia na análise de autocorrelação serial é o "lag" de resíduo, onde relaciona o i-ésimo resíduo com o (i-1)ésimo resíduo. Se o gráfico representar uma reta crescente, é indicativo de correlação positiva, caso contrário, é negativa.

3.8.3. Desvios entre as produções totais de leite observadas(PTLO) e estimadas (PTLE)

Os desvios indicam o quanto a produção estimada aproximou-se da observada e é estimado pela fórmula abaixo:

$$\text{Desvio (\%)} = \frac{(PTLO - PTLE) \times 100}{PTLO}$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1.Curvas médias observadas

As curvas de lactação médias observadas para as cabras primíparas e multíparas estão representadas na Figura 1.

Figura-1. Curvas de lactação médias observadas de cabras (mestiças de Saanen x SRD) primíparas e multíparas, criadas no Estado do Rio Grande do Norte.

A produção total média de leite foi de 375,52 kg e 760,14 kg em um período de lactação médio de 201,98 dias e 208,40 dias para as primíparas e multíparas, respectivamente.

O pico de lactação foi atingido no 2° estádio (15 -30 dias) para ambas, com produção de 2,45 kg e 3,07 kg para primíparas e multíparas, respectivamente. Porém para as multíparas, o pico manteve-se até o 3° estádio (30-45 dias) de lactação. FRESNO BAQUERO et al. (1992), estudando as produções de leite de cabras primíparas, encontraram produção inicial e tempo de pico semelhantes ao do presente estudo, seguida de uma pequena diferença ao final que apresentou um decréscimo gradual.

Para OLIVEIRA (1999), o pico de lactação de um rebanho ½ Pardo-Alpina x Moxotó criado no Estado do Ceará foi atingido na 2ª semana, inclusive para as cabras de 1ª lactação, cuja produção no pico foi de 0,79 ± 0,36 kg. No entanto, RIBEIRO (1997) relatou que a não detecção do pico de lactação para cabras mestiças (Pardo Alpina x Gurguéia) foi

devido ao controle leiteiro dos dados analisados ter sido mensal, dificultando, ainda mais, o acompanhamento das oscilações na produção de leite ao longo da lactação.

4.2. Ajuste para a média das lactações

No Quadro 3 estão demonstradas as equações médias estimadas e os componentes da curva de lactação, dentre eles a produção inicial (PI), tempo de pico (TP), produção no pico (PP) e produção total (PTL).

Quadro 3. Equação das curvas de lactação, obtidas em dias de lactação, produção inicial (PI), produção do pico (PP), tempo de pico (TP), produção total de leite estimada (PTLE), desvios entre as produções totais médias e coeficiente de determinação ajustado (R^2a) observadoe e estimados por cinco funções matemáticas para cabras primíparas e multíparas.

FUNÇÕES	EQUAÇÕES	PI (kg)	TP (Dias)	PP (Kg)	PTLE (Kg)	DESVIOS (%)	R^2a
		PRIMÍPARAS					
FQ	$Y=2,586 - ,01208X + 0,00003806X^2$	2,57	-	-	357,21	-4,88	0,105
FQL	$Y= 2,50983 -0,012087X + 0,00003984X^2 + 0,02993lnx$	2,5	2,37	2,51	376,66	0,3	0,104
FGI	$Y= 3,4335X^{-0,1307} e^{0,00096x}$	3,43	-	-	312,94	-16,66	0,07
FPSQL	$Y=2,6466 - 0,0138X + 0,000047X^2 - 0,000047z$ onde z = 0, se $X \leq 12$ $z= (x-K)^2$ se $X > 12$	2,63	-	-	362,43	-3,49	0,107
FPSQQ	$Y=2,5859 - 0,0121X + 0,000038X^2 0,000062z$ onde z = 0, se $X \leq 12$ z= (x-K)2 se $X > 12$	2,57	-	-	356,48	-5,07	0,103
		MULTÍPARAS					
FQ	$Y= 3,06031 - 0,00542X + 0,00001059X^2$	3,06	-	-	802,08	5,52	0,039
FQL	$Y= 2,61683 -0,01113X + 0,00002422X^2 + 0,19183lnx$	2,61	18,77	2,98	801,53	5,45	0,043
FGI	$Y= 2,9644X^{0,000450} e^{- 0,00107x}$	2,96	0,41	2,96	801,36	5,43	0,037
FPSQL	$Y= 3,0798 - 0,00602X + 0,000014X^2 - 0,000014z$ onde z = 0, se $X \leq 2$ $z= (x-K)^2$ se $X > 2$	3,07	-	-	807,52	6,23	0,040
FPSQQ	$Y= 3,0603 - 0,00542X + 0,000011X^2 + 0,000089z$ onde z = 0, se $X \leq 2$ z= (x-K)2 se $X > 2$	3,06	-	-	807,01	6,17	0,039

FQ = Função Quadrática; FQL = Função Quadrática Logarítima; FGI = Função Gama Imcompleta; FPSQL = Função Polinômio Segmentado Quadrático Linear; FPSQQ = Função Polinômio Segmentado Quadrático Quadrático

As Figuras 2 e 3 apresentam as curvas de lactação médias observadas em comparação com as estimadas pelas funções: quadrática, quadrática logarítmica, gama incompleta, polinômios segmentados quadrático-linear e polinômios segmentados quadrático-quadrático para as cabras primíparas e multíparas, respectivamente.

Figura-2. Curvas de lactação médias observada e estimadas pelas funções: Quadrática (FQ), Quadrática Logarítmica (FQL), Gama Incompleta (FGI), Polinômios Segmentados Quadrático-Linear (FPSQL) e Polinômios Segmentados Quadrático-Quadrático (FPSQQ) de cabras primíparas (mestiças de Saanen x SRD) no Estado do Rio Grande do Norte.

Figura-3. Curvas de lactação médias observada e estimadas pelas funções: Quadrática (FQ), Quadrática Logarítmica (FQL), Gama Incompleta (FGI), Polinômios Segmentados Quadrático-Linear (FPSQL) e Polinômios Segmentados Quadrático-Quadrático (FPSQQ) de cabras multíparas (mestiças de Saanen x SRD) no Estado do Rio Grande do Norte.

4.2.1. FUNÇÃO QUADRÁTICA

Esta função é composta por três parâmetros a_0, a_1 e a_2, cujas estimativas podem ser visualizadas no Quadro 4. O parâmetro a_0 é o intercepto e representa, aproximadamente, a produção inicial; a_1 e a_2 são, respectivamente, os coeficientes de regressão linear e quadrático. O coeficiente quadrático apresentou-se negativo e, neste caso, a função estima curvas atípicas nos dois grupos estudados.

Quadro-4. Parâmetros estimados para as curvas médias de cabras primíparas e multíparas através da Função Quadrática (FQ).

Parâmetro	Primíparas	Multíparas
a_0	2,58594	3,06032
a_1	-0,01208	-0,00542
a_2	0,00003806	0,00001059

A curva média e os resíduos estimados pela função quadrática estão demonstrados nas Figuras 4, 6, 8 e 9. Observa-se que esta função superestimou a produção inicial tanto para as primíparas como para as multíparas, bem como, superestimou e subestimou a produção em diversos segmentos da curva média. Como o coeficiente quadrático foi positivo para ambas, a Função Não Estimou O Pico De Produção (Figuras 5 e 7).

Figura-4. Curvas de lactação médias observada e estimada pela FQ para cabras primíparas de um rebanho mestiço (Saanen x SRD) criado no Estado do Rio Grande do Norte.

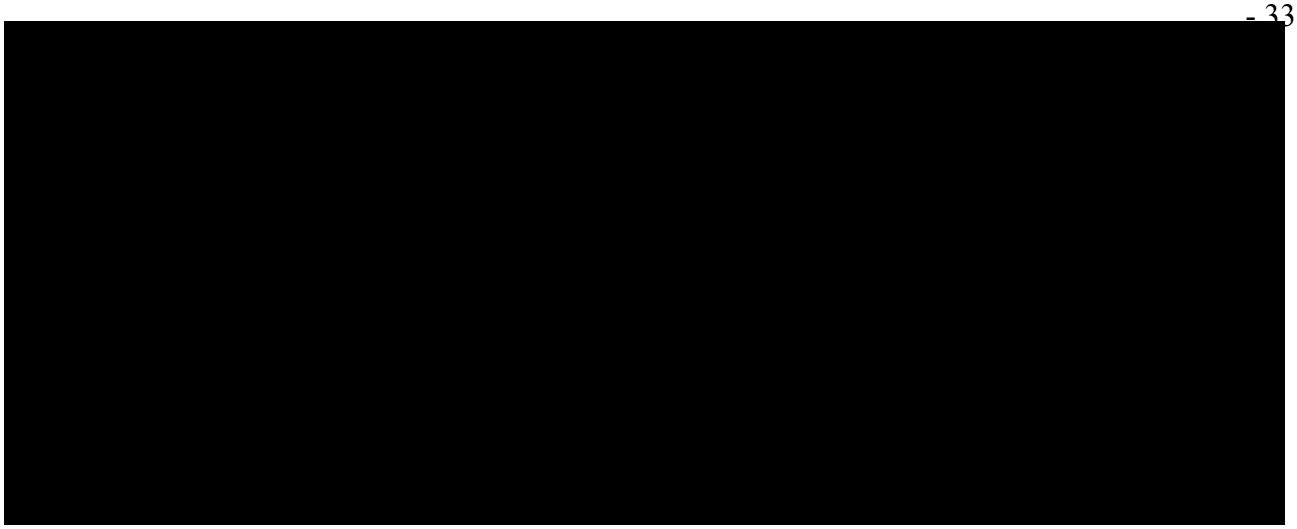

Figura-5. Distribuição dos resíduos estimados pela função quadrática para cabras mestiças (Saanen x SRD) primíparas, criadas no Estado do Rio Grande do Norte.

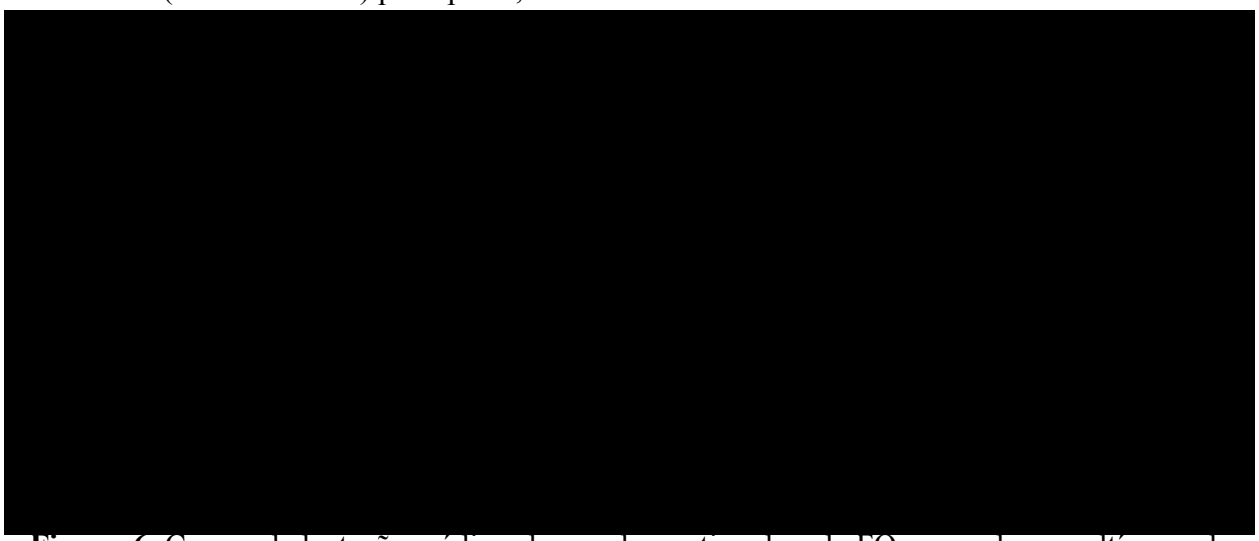

Figura-6. Curvas de lactação médias observada e estimada pela FQ para cabras multíparas de um rebanho mestiço (saanen x srd) criado no estado do rio grande do norte.

Figura-7. Distribuição dos resíduos estimados pela FQ para cabras mestiças (Saanen x SRD) multíparas, criadas no Estado do Rio Grande do Norte.

Figura 8. Tendência de autocorrelaçã residual proporcionada pelo ajuste médi da FQ para cabras primíparas (mestiças d Saanen x SRD), criadas no Estado do Ri Grande do Norte.

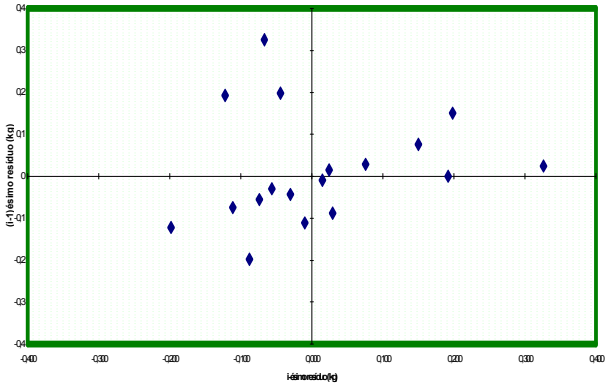

Figura 9. Tendência de autocorrelação residual proporcionada pelo ajuste médio da FQ para cabras multíparas (mestiças de Saanen x SRD), criadas no Estado do Rio Grande do Norte.

Os resíduos encontram-se dispostos quase que aleatoriamente, mas demonstram uma leve tendência de autocorrelação residual positiva para as multíparas, e negativa para as primíparas, visto que tende a formar uma reta decrescente. Embora OLIVEIRA (1999) tenha obtido resíduos muito baixos (± 0,005 kg) para todas as ordens de lactação estudadas, também observou tendência de autocorrelação residual positiva, refletindo a falta de ajuste para a Função Quadrática.

O coeficiente de determinação ajustado foi de 10,50% e 3,94% para primíparas e multíparas, respectivamente, considerados muito baixos quando comparados com os citados na literatura, principalmente quando se referem à lactações de bovinos.

A função quadrática subestimou a PTL das primíparas em 4,88% e superestimou em 5,52% para multíparas. Isso indica que os resíduos médios foram pequenos e que as produções estimadas foram próximas das observadas.

4.2.2. Função Quadrática Logarítmica

Esta função é composta por quatro parâmetros lineares em relação a x, cujas estimativas estão demonstradas no Quadro 5. Uma das restrições para que esta função estime o ponto máximo é que a expressão $a_1^2 - 8a_2a_3$ seja maior que zero. Portanto, para este rebanho, a FQL estimou o pico tanto para as primíparas como para as multíparas (Figuras 10 e 12).

Quadro-5. Parâmetros estimados para as curvas médias de cabras primíparas e multíparas através da Função Quadrática Logarítmica (FQL).

Parâmetro	Primíparas	Multíparas
a_0	2,50983	2,61683
a_1	-0,01287	-0,01113
a_2	0,00003984	0,00002422
a_3	0,02993	0,19183

A produção inicial foi superestimada para ambas, em aproximadamente 5%. Este percentual foi inferior ao obtido por OLIVEIRA (1999), em que a FQL superestimou a produção em 10% para as três primeiras lactações e em 20% para a 4ª lactação.

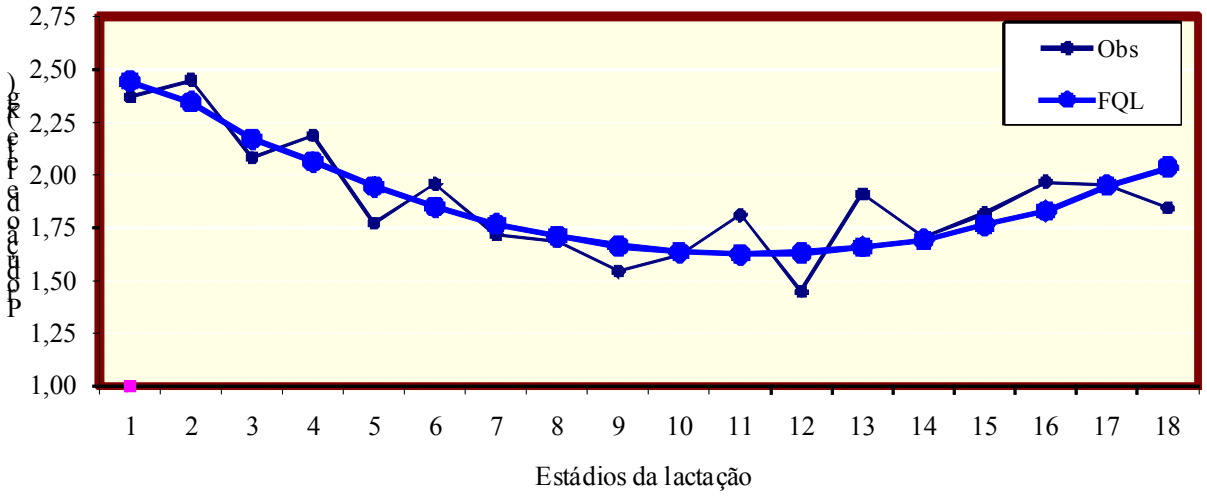

Figura-10. Curvas de lactação médias observada e estimada pela FQL para cabras primíparas de um rebanho mestiço (Saanen x SRD) criado no no Estado do Rio Grande do Norte..

Para as cabras primíparas a produção no pico foi praticamente igual à produção inicial (Tabela 2 e Figura 10), devido ao tempo de pico estimado ser de 2,36 dias. Esta função estimou bem o tempo de pico para a curva das multíparas (2° estádio), no entanto subestimou a produção neste período (Figura 13).

A disposição dos resíduos para a FQL (Figuras 11 e 13) foi muito semelhante à da FQ. Entretanto encontram-se superiores aos encontrados por RIBEIRO (1997) e OLIVEIRA (1999), que obtiveram resíduos bem próximos aos valores da curva observada

Figura-11. Distribuição dos resíduos estimados pela função quadrática logarítmica para cabras mestiças (Saanen x SRD) primíparas, criadas no Estado do Rio Grande do Norte..

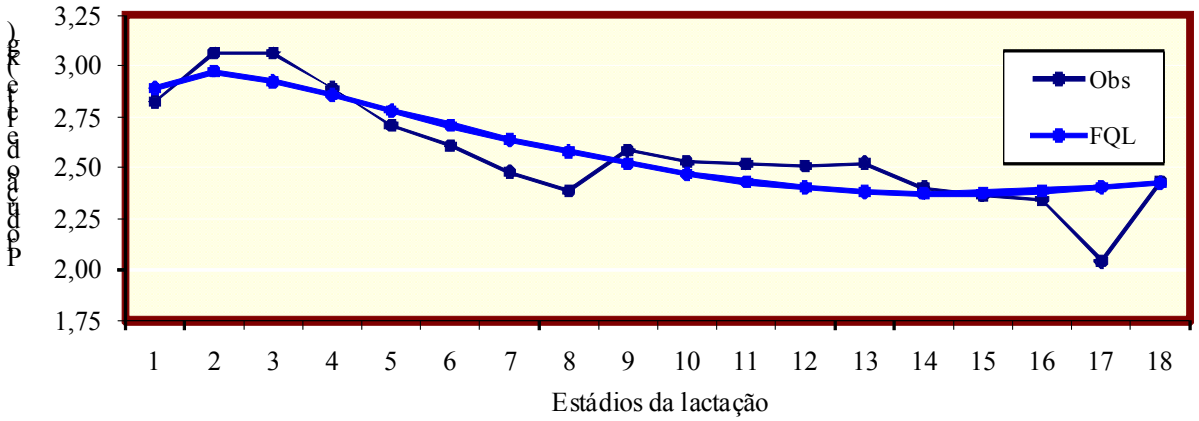

Figura-12. Curvas de lactação médias observada e estimada pela FQL para cabras multíparas de um rebanho mestiço (Saanen x SRD) criado no Estado do Rio Grande do Norte..

Figura-13. Distribuição dos resíduos estimados pela função quadrática logarítmica para cabras mestiças (Saanen x SRD) multíparas, criadas no Estado do Rio Grande do Norte.

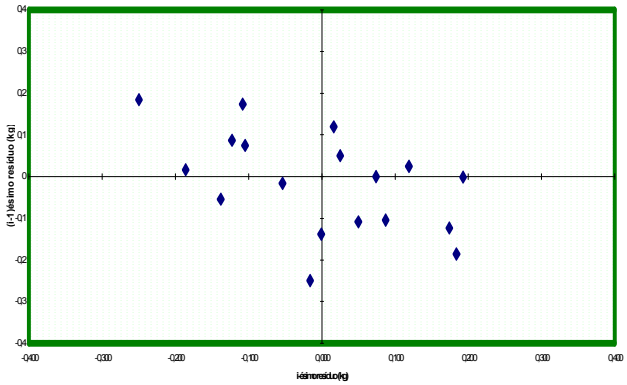

Figura 14. Tendência de autocorrelação residual proporcionada pelo ajuste médio da FQL para cabras primíparas (mestiças de Saanen x SRD), criadas no Estado do Rio Grande do Norte..

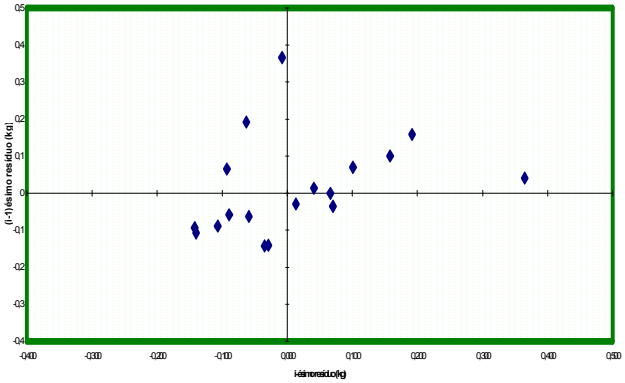

Figura 15. Tendência de autocorrelação residual proporcionada pelo ajuste médio da FQL para cabras multíparas (mestiças de Saanen x SRD), criadas no Estado do Rio Grande do Norte.

Apesar da inclusão de um parâmetro, o ajuste médio proporcionado por esse modelo mostrou-se muito semelhante ao da FQ. Isso foi confirmado através dos valores do coeficiente de determinação ajustado para a FQ e FQL, que praticamente não diferiram.

A produção total estimada pela FQ e FQL, que praticamente não diferiram desviou-se da observada em 0,30% e superestimando em 5,45% nas multíparas. Estes percentuais baixos indicam boa estimação da produção total de leite pela FQL para os dois grupos. Fato, este, também verificado por EL FARO (1996) estudando curva de lactação de bovinos da raça Caracu.

4.2.3. *Gama Incompleta*

Os três parâmetros que compõem a função gama incompleta estão demonstrados no Quadro 6.

Quadro-6. Parâmetros estimados para as curvas médias de cabras primíparas e multíparas através da Função Gama Incompleta (FGI).

Parâmetro	Primíparas	Multíparas
a_0	3,4335	2,9644
a_1	-0,1507	0,000436
a_2	-0,00055	0,00107

A função superestimou a produção inicial tanto para primíparas como para multíparas, mas demonstrou um declínio acentuado até o 4° estádio da lactação das primíparas (Figura 16) e mantendo-se praticamente constantes nos estádios seguintes.

A curva média ajustada pela FGI para as cabras primíparas (Figura 16), não estimou ponto de máximo, devido ao parâmetro a_1 ser negativo (Quadro 6).

Figura-16. Curvas de lactação médias observada e estimada pela FGI para cabras primíparas de um rebanho mestiço (Saanen x SRD) criado no Estado do Rio Grande do Norte.

Figura-17. Distribuição dos resíduos estimados pela FGI para cabras mestiças (Saanen x SRD) primíparas, criadas no Estado do Rio Grande do Norte.

Para as multíparas, o tempo de pico foi estimado em 0,41 dia, o que demonstra que a FGI tende a estimá-lo antes do parto. Por esta razão, a produção no pico foi igual à produção inicial (2,962 kg).

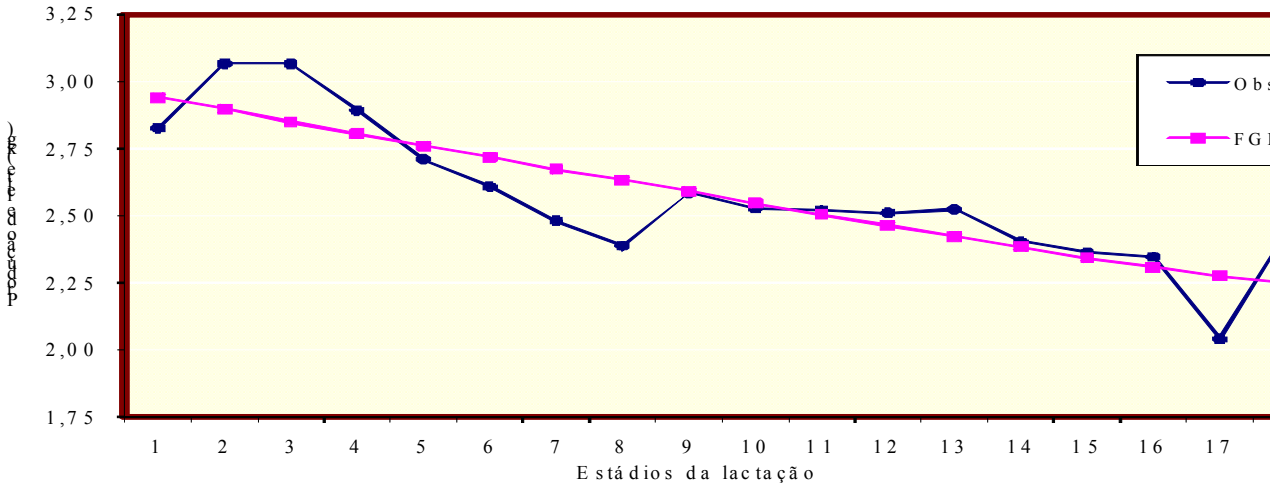

Figura-18. Curvas de lactação médias observada e estimada pela FGI para cabras primíparas de um rebanho mestiço (Saanen x SRD) criado no Estado do Rio Grande do Norte.

Os resíduos obtidos (Figuras 17 e 19) foram maiores do que os estimados para as funções FQ e FQL. Para as primíparas, os resíduos foram distribuídos aleatoriamente, não havendo tendência positiva ou negativa de autocorrelação residual (Figura 20). Enquanto que para as multíparas, houve uma concentração maior de resíduos negativos no início e final dos estádios, revelando falta de ajuste da FGI (Figura 21).

Em estudo semelhante, OLIVEIRA (1999) obteve resíduos muito pequenos (variando de -0,06 a 0,19) porém, houve falta de ajuste para todas as lactações estudadas, determinada pela tendência de autocorrelação residual positiva, visto que os resíduos apresentavam-se como uma reta crescente.

O coeficiente de determinação ajustado (R_a^2) ao número de parâmetros foi inferior ao das demais funções estimadas, tanto para primíparas, como para multíparas.

O desvio entre a produção total de leite observada e a estimada pela FGI foi de 16,66% e 5,43% para primíparas e multíparas, respectivamente, sendo o maior desvio obtido em todas as funções estimadas para as primíparas. Para as multíparas, os valores dos desvios foram semelhantes aos das funções FQ e FQL e menores que os das FPSQL e FPSQQ.

Figura-19. Distribuição dos resíduos estimados pela FGI para cabras mestiças (Saanen x SRD) multíparas, criadas no Estado do Rio Grande do Norte.

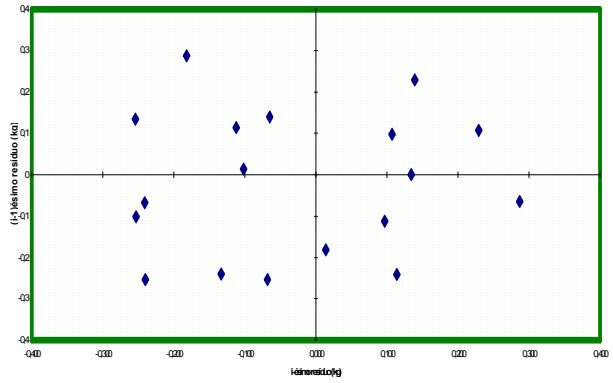

Figura 20. Tendência de autocorrelação residual proporcionada pelo ajuste médio da FGI para cabras primíparas (mestiças Saanen x SRD), criadas no Estado do Rio Grande do Norte.

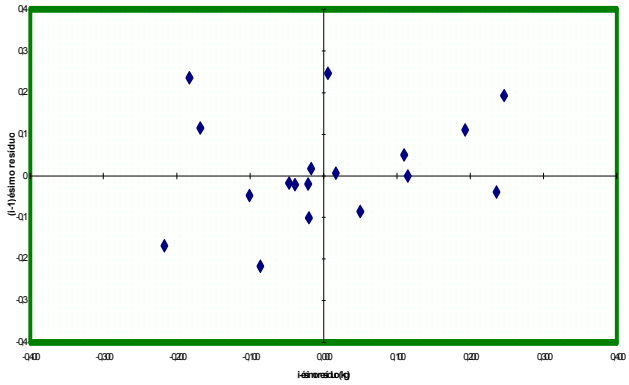

Figura 21. Tendência de autocorrelação residual proporcionada pelo ajuste médio da FGI para cabras multíparas (mestiças Saanen x SRD), criadas no Estado do Rio Grande do Norte.

Observando as figuras acima, percebe-se que a curva para cabras multíparas apresentou tendência de autocorrelação residual positiva, pois apresenta uma reta crescente, ao contrário das primíparas que indicou bom ajuste devido os resíduos se apresentarem de forma dispersa (Figura 20).

4.2.4. Função Polinômio Segmentado Quadrático-Linear

O ajuste desta função foi feito para descrever a curva de lactação a partir de um primeiro segmento quadrático, que estimasse o ponto crítico da curva, e de um segmento linear, considerando-se que após o pico há uma tendência linear de declínio da produção ao longo dos estádios da lactação.

O ponto de junção ("nó") entre os dois segmentos foi estimado no 180° dia para as cabras primíparas e 30º dia para as multíparas. Isto significa que a produção estimada descreveu uma tendência quadrática até aos 180 dias para as primíparas e até os 30 dias de lactação para as multíparas, e a partir daí foi linear para ambas. Os três parâmetros que compõem a FPSQL estão estimados no Quadro 7.

Quadro 7. Parâmetros estimados para as curvas médias de cabras primíparas e multíparas através da Função Polinômio Segmentado Quadrático-Linear (FPSQL).

Parâmetro	Primíparas	Multíparas
a_0	2,6466	3,0798
a_1	-0,0138	-0,00602
a_2	0,000047	0,000014

Como o parâmetro a_2 foi maior que zero para ambas, a curva estimou ponto de mínimo, isto é, não apresentou pico, caracterizando-se como curvas atípicas (Figuras 23 e 24).

A produção inicial foi superestimada para as primíparas e multíparas (Figuras 22 e 25). Para as cabras multíparas, os desvios mostraram-se semelhantes aos estimados pela FGI, cujos valores apresentavam-se em blocos positivos e negativos.

. **Figura 22**. Distribuição de resíduos estimados pela FPSQL para cabras mestiças (Saanen x SRD) primíparas, criadas no estado do Rio Grande do Norte

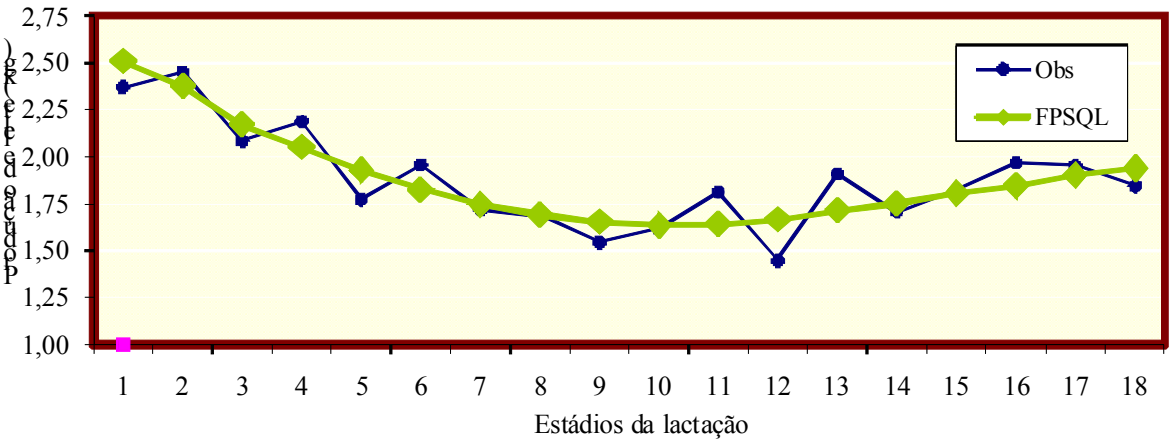

Figura 23. Curvas de lactação médias observada e estimada pela FPSQL para cabras primíparas de um rebanho mestiço (Saanen x SRD) criado no Estado do Rio Grande do Norte.

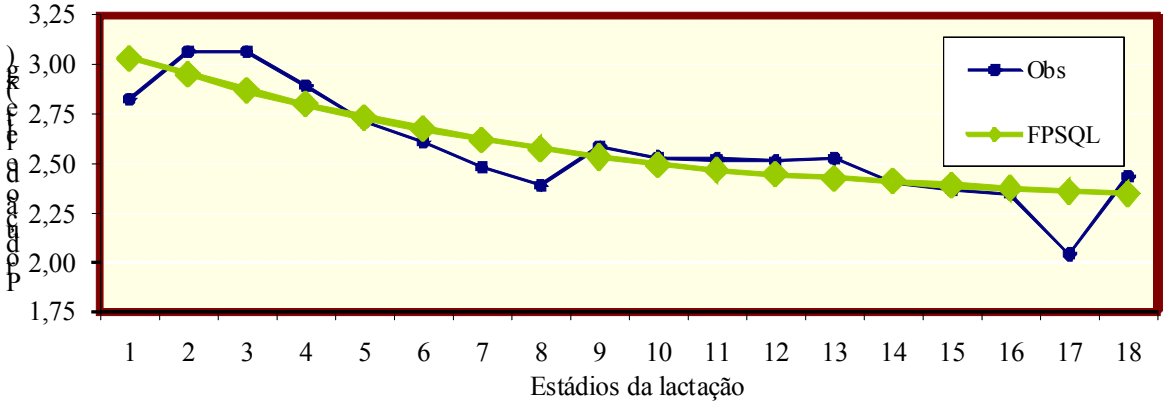

Figura 24. Curvas de lactação médias observada e estimada pela FPSQL para cabras multíparas de um rebanho mestiço (Saanen x SRD) criado no Estado do Rio Grande do Norte

.

Figura 25. Distribuição dos resíduos estimados pela FPSQL para cabras mestiças (Saanen x SRD) multíparas, criadas no Estado do Rio Grande do Norte.

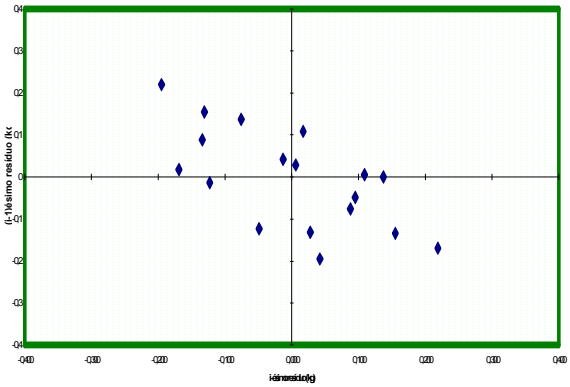

Figura 26. Tendência de autocorrelação residual, proporcionada pelo ajuste médio da FPSQL, para cabras primíparas (mestiças de Saanen x SRD), criadas no Estado do Rio Grande do Norte.

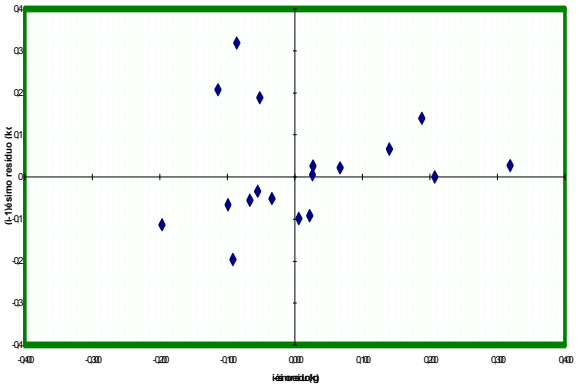

Figura 27 Tendência de autocorrelação residual, proporcionada pelo ajuste médio da FPSQL, para cabras multíparas (mestiças de Saanen x SRD), criadas no Estado do Rio Grande do Norte.

De acordo com as Figuras 26 e 27, houve tendência de autocorrelação residual negativa para as primíparas e positiva para as multíparas.

O coeficiente de determinação ajustado foi menor do que o obtido pela FGI, apesar do número de parâmetros da FPSQL ser maior.

A produção total de leite estimada pela FPSQL foi de 362,43 kg para as primíparas e 807,52 kg para as multíparas, o que subestimou a produção observada em 3,49% e superestimou 6,231% respectivamente.

4.2.5. Função polinômio segmentado quadrático-quadrático

Esta função é composta por dois segmentos quadráticos e quatro parâmetros, os quais podem ser observados no Quadro 8.

Quadro 8. Parâmetros estimados para as curvas médias de cabras primíparas e multíparas através da Função Polinômio Segmentado Quadrático-Quadrático (FPSQQ).

Parâmetro	Primíparas	Multíparas
a_0	2,5859	3,0603
a_1	-0,0121	-0,00542
a_2	0,000038	0,000011
b_2	0,000100	0,000100

O ponto de junção ("nó") foi estimado, sendo aos 180 dias para as primíparas e 30 dias para as multíparas, cujos valores foram idênticos aos da FPSQL.

O parâmetro a_2 foi positivo para as curvas médias das primíparas e multíparas, acarretando na não estimação de um ponto de máximo, descrevendo curvas atípicas (Figuras 28 e 31).

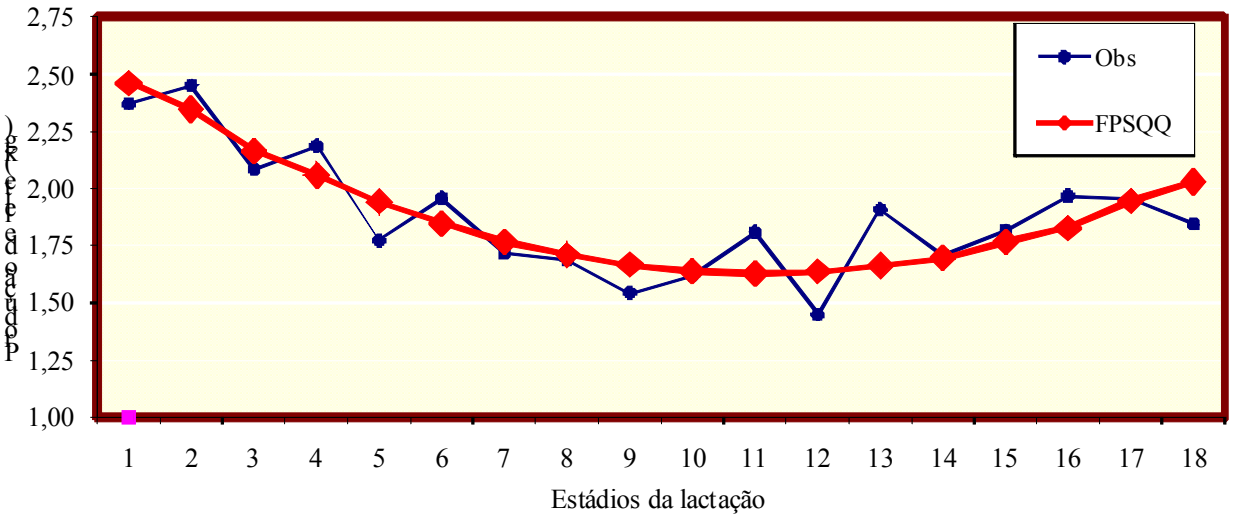

Figura 28. Curvas de lactação médias observada e estimada pela FPSQQ para cabras primíparas de um rebanho mestiço (Saanen x SRD) criado no Estado do Rio Grande do Norte.

Figura 29. Distribuição dos resíduos estimados pela FPSQQ para cabras mestiças (Saanen x SRD) primíparas, criadas no Estado do Rio Grande do Norte.

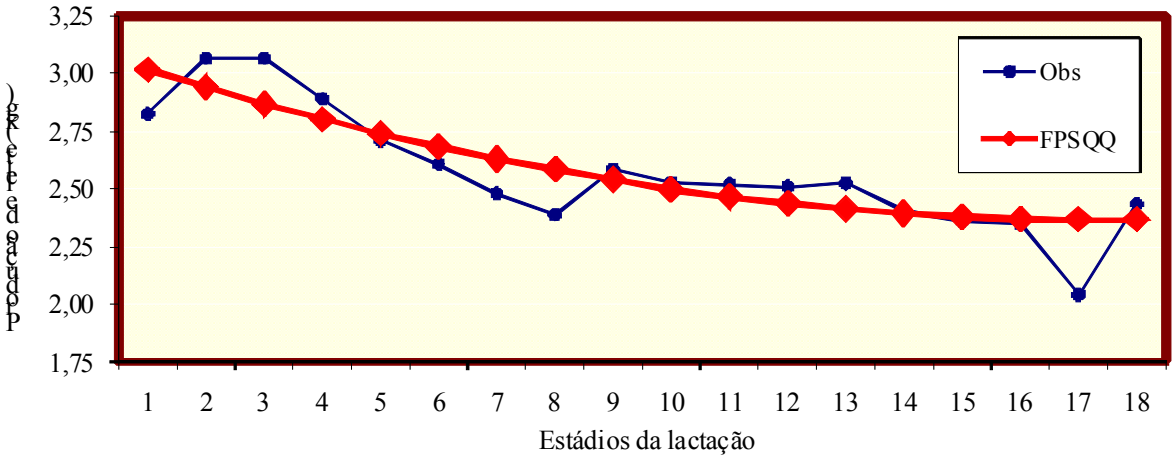

Figura 30. Curvas de lactação médias observada e estimada pela FPSQQ para cabras multíparas de um rebanho mestiço (Saanen x SRD) criado no Estado do Rio Grande do Norte

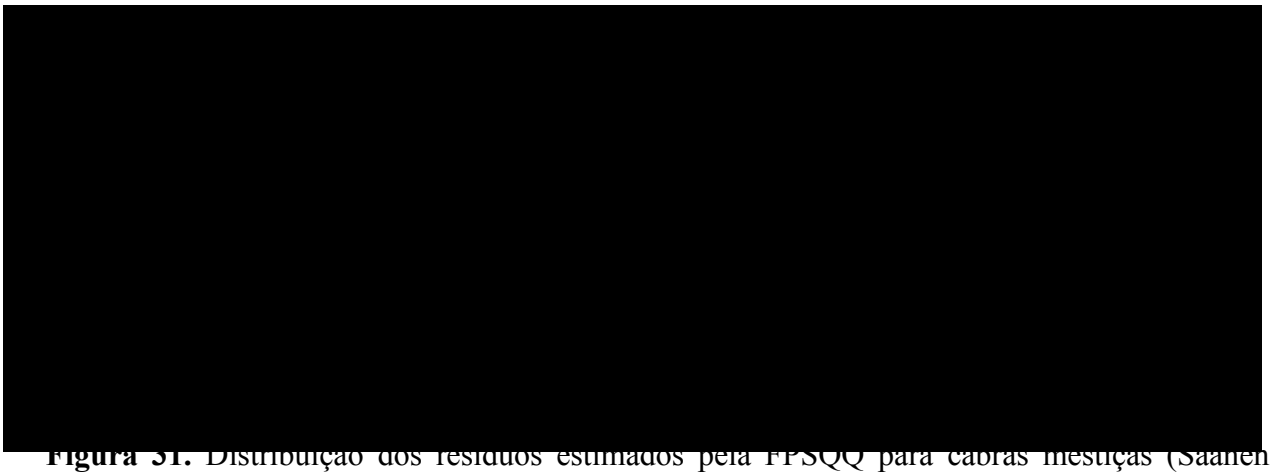

Figura 31. Distribuição dos resíduos estimados pela FPSQQ para cabras mestiças (Saanen x SRD) multíparas, criadas no Estado do Rio Grande do Norte.

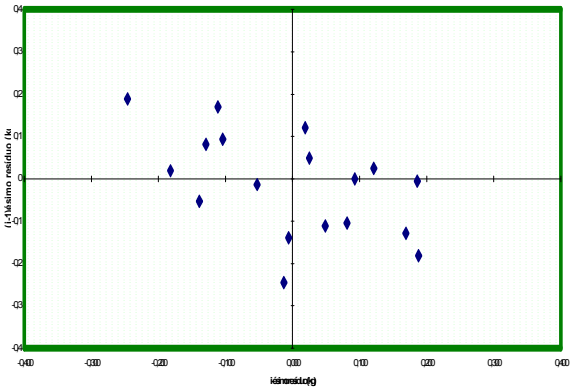

Figura 32. Tendência de autocorrelação residual, proporcionada pelo ajuste médio da FPSQQ, para cabras primíparas (mestiças de Saanen x SRD), criadas no Estado do Rio Grande do Norte.

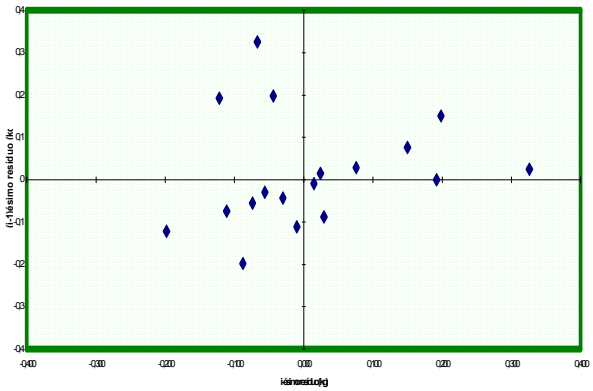

Figura 33. Tendência de autocorrelação residual, proporcionada pelo ajuste médio da FPSQQ, para cabras multíparas (mestiças de Saanen x SRD), criadas no Estado do Rio Grande do Norte.

A FPSQQ também demonstrou resíduos com tendência a autocorrelação residual (FIGURAS 29 e 32), sendo negativa para as primíparas e positiva para as multíparas (FIGURAS 30 e 33).

Os desvios entre as PTL observadas e estimadas foram de 5,07% para primíparas e 6,17% para multíparas.

O coeficiente de determinação ajustado (R_a^2).foi considerado baixo para ambas ordens de lactação e para as multíparas foi semelhante aos obtidos pelas funções FQ e FPSQL.

4.3 Comparação entre os modelos

Neste estudo, a curva média foi estimada através das funções em relação a todos os controles e, portanto, os coeficientes de determinação ajustados ao número de parâmetros obtidos foram baixos, por haver parte da variação que as funções não conseguiram explicar, pois os fatores de ambiente que influenciam a forma da curva de lactação não foram incluídos nos modelos.

Para as primíparas, as FQ, FQL, FPSQQ e FPSQL apresentaram valores de R_a^2 semelhantes (Quadro 9), sendo que esta última foi levemente superior, enquanto que a FGI foi a que apresentou R_a^2 mais baixo. De modo geral, a inclusão de maior número de parâmetros nas funções não acarretou melhoria na qualidade de ajuste para a curva média das primíparas, pois

esperava-se que a FQL e a FPSQQ, que são funções mais flexíveis do que as funções FQ e FGI, apresentassem maiores R_a^2.

Quadro 9. Testes estatísticos utilizados para medir a qualidade do ajuste de cada função estudada para cabras mestiças (Saanen x SRD) criadas no semi-árido nordestino.

Função	Desvios entre PTLO e PTLE (%)	R^2a
PRIMÍPARAS		
FQ	4,88	0,1050
FQL	0,30	0,1042
FGI	16,66	0,0702
FPSQL	3,49	0,1070
FPSQQ	5,07	0,1032
MULTÍPARAS		
FQ	5,52	0,0394
FQL	5,45	0,0418
FGI	5,43	0,0373
FPSQL	6,23	0,0396
FPSQQ	6,17	0,0389

Todas as funções estudadas superestimaram a produção inicial e apenas a FQL conseguiu estimar o tempo de pico, contudo, este foi estimado bem mais cedo do que o detectado na curva média observadas para as primíparas.

O desvio médio entre a produção total observada e a estimada pela FGI apresentou valor muito alto (16,66%) em relação às demais funções, que obtiveram valores baixo e similares, apesar da variação entre os resíduos. Segundo EL FARO (1996), deve haver compensação da produção nos intervalos onde ocorre superestimativas e subestimativas da produção, gerando boas estimativas de produção total.

Houve uma tendência de autocorrelação residual negativa para as primíparas, cujos resíduos apresentaram valores positivos e negativos alternando-se, formando um "zigue-zague". Esta autocorrelação foi confirmada pelo gráfico "lag" de resíduo que apresentou uma reta

decrescente para todas as funções, exceto para a FGI, onde os resíduos mostraram-se totalmente dispersos.

Assim como para as primíparas, todas as funções superestimaram a produção inicial das multíparas. Para estas, as FQL e FGI estimaram ponto de máximo, mas apenas a FQL estimou-a no mesmo estádio detectado pela curva observada.

Os resíduos foram agrupados em blocos de valores positivos seguidos de valores negativos para todas as funções, mostrando tendência de autocorrelação residual positiva para as cabras multíparas. Características que se repetem no tempo, como a produção de leite, apresentam resíduos geralmente correlacionados, o que nem sempre indica inadequação do modelo. EL FARO (1996) observou que os modelos matemáticos que mais se aproximaram dos valores observados apresentaram autocorrelação residual positiva.

Apesar da variação dos resíduos entre as funções estudadas para cabras multíparas, houve uma boa estimação das produções totais com desvios variando de 0,30% a 6,23 %, excetuando a FGI.

5.CONCLUSÕES

A Função Quadrática Logarítmica (FQL) descreveu bem a forma da curva de lactação média para as cabras multíparas deste rebanho.

As demais funções estudadas devem ser utilizadas com restrições, pois falharam quanto à forma da curva de lactação média deste rebanho, tanto para as primíparas quanto para multíparas, embora tenham determinado boas estimativas de produção total de leite.

O R^2a e lag de resíduo não são bons parâmetros para avaliar a qualidade de ajuste de uma função.

A FQL poderia ser utilizada com segurança quando o objetivo é estimar a produção total de leite.

Dados de FAOSTAT, 2005. Acesso em 03/06/2005. Disponível em <http://apps.fao.org>.